

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
EXATAS

CLEIDSON SANTIAGO DE OLIVEIRA

ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA: CONSTRUÇÃO DO
TERMÔMETRO DE COLUNA LÍQUIDA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS

SÃO CARLOS

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
EXATAS

CLEIDSON SANTIAGO DE OLIVEIRA

ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA: CONSTRUÇÃO DO
TERMÔMETRO DE COLUNA LÍQUIDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, sob orientação do Professor Doutor Marcos Pires Leodoro.

SÃO CARLOS

2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

O48ae Oliveira, Cleidson Santiago de.
Atividade experimental investigativa : construção do
termômetro de coluna líquida / Cleidson Santiago de
Oliveira. -- São Carlos : UFSCar, 2013.
227 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2012.

1. Física - estudo e ensino. 2. Experimentação. 3.
Atividades investigativas. 4. Teoria sociointeracionista. 5.
Termômetro de coluna líquida. I. Título.

CDD: 530.07 (20ª)

Banca Examinadora:

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marcos Pires Leodoro'.

Prof. Dr. Marcos Pires Leodoro
DME - UFSCar

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Eugenio Ramos'.

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos
DE - UNESP

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. do Carmo de Sousa'.

Profa. Dra. Maria do Carmo de Sousa
DME - UFSCar

*À minha família e amigos.
Em especial aos meus pais Deusdete e Edna, pela luta árdua para estudar os seus filhos e
pelo exemplo de vida.
À minha querida e paciente esposa Silvana, e aos meus adoráveis filhos Pedro Gabriel e
Maria Eduarda que são minha maior fonte de inspiração.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela capacidade e disposição para conduzir este trabalho.

Ao doutorando do departamento de Física da UFSCar James Alves de Souza por ter, gentilmente, dedicado seu tempo e partilhado seu conhecimento no processo desse trabalho, sabendo criticar e elogiar na medida certa. Agradeço especialmente sua hombridade em não renunciar minha orientação mesmo sabendo que não seria meu co-orientador efetivamente. Essa atitude aumentou ainda mais minha admiração por esse grande profissional e pessoa. Muito obrigado, James. Levarei esse gesto como inspiração para minha vida profissional.

Ao professor Marcos Pires Leodoro por ter aceitado assumir a orientação e defesa desta dissertação mesmo com o trabalho já em andamento e pelas críticas pertinentes e sugestões frutíferas que muito contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Aos professores que gentilmente compartilharam seus conhecimentos comigo contribuindo para a realização deste trabalho. Em especial aos professores Maria do Carmo, Leodoro, Ducinei, Paulo Caetano e Nelson Studart.

Ao Júnior, secretário da PPGECE (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas), pela paciência e disposição com que sempre me atendeu durante esse período de mestrado.

Aos colegas de turma (Anderson, Daniela, Ernani, Felipe, Márcia, Márcio, Mário, Riama, Ricardo e Rodrigo) pelas trocas de conhecimentos, os quais me enriqueceram muito e pelo bate-papo e histórias contadas nos corredores e cantinas da Universidade que trouxeram leveza e descontração em meio às enfadonhas horas de estudo.

Aos meus pais, Deusdete e Edna, que apesar da vida simples não mediram esforços para proporcionar-me as condições necessárias que me trouxeram até aqui.

À minha esposa, Silvana, e aos meus filhos, Pedro Gabriel e Maria Eduarda, pela paciência e compreensão pelas minhas ausências durante esse período.

Às minhas irmãs Clairen e Talita por todo incentivo e por vibrarem com minhas conquistas. Principalmente, à minha irmã Cristiane pelas leituras e sugestões.

Aos meus cunhados, Alexandre, Michael e Pedro, pelo apoio e torcida. Particularmente ao meu cunhado Dudu por algumas dicas.

Aos professores e colegas de trabalho Elias Santiago (meu tio) e Lázaro Boaventura pelo incentivo constante desde os meus primeiros passos na carreira profissional.

Aos colegas de trabalho da E.E. Prof^a Leonor Fernandes da Silva e da EMEJA Prof. Dr, José Amaro Mendes Pereira pelo apoio e incentivo. Em especial aos professores José Idail, José Eduardo, Maria Elza, Maria Ester e Mariana Mezzalira e a coordenadora pedagógica Denise Mosca.

Aos meus alunos que se prontificaram a participar desta pesquisa e a todos os meus alunos que sempre colaboraram para meu aprendizado e crescimento profissional.

A todos que, diretamente ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para que eu pudesse realizar esta dissertação.

RESUMO

A valorização excessiva do formalismo matemático e a falta de contextualização do conteúdo têm contribuído para que muitos estudantes, principalmente do Ensino Médio, sintam animosidade à Física e, conseqüentemente, apresentem baixo rendimento nessa disciplina. Defendida por muitos pesquisadores e professores do Ensino de Física, a atividade experimental consiste num recurso didático interessante para mudar essa realidade. Contudo, ainda é pouco utilizada em sala de aula e, em geral, acaba sendo inserida dentro de uma proposta tradicional de ensino, fazendo uso de roteiros fortemente estruturados e servindo apenas para ilustração da teoria, verificação de uma lei ou observação de um fenômeno. Como sugestão de alternativa para essa situação, desenvolvemos uma estratégia de ensino, fundamentada na teoria sociointeracionista de Vigotski e na metodologia investigativa. Esta última é atualmente defendida por pesquisadores do Ensino de Ciências, pois explora a atividade experimental de forma mais aberta, numa perspectiva investigativa. Constituída por cinco momentos: i. *Contextualização*; ii. *Provocação*; iii. *Planejamento*; iv. *Realização* e v. *Fechamento*, a nossa proposta foi realizada numa sala de aula do Ensino Médio da rede pública estadual do período noturno, como parte de nossas atividades docentes. Escolhemos um experimento, comumente encontrado em diversos livros didáticos de Física: a construção de um termômetro de coluna líquida com materiais caseiros. Com ele, foi possível explorar vários conceitos de Física Térmica como temperatura, equilíbrio térmico, dilatação e condutividade térmica, calibração de termômetros, tanto analiticamente quanto qualitativamente. Levando em conta o contexto em que esta proposta foi aplicada, envolto por tantas situações adversas da escola pública, consideramos que o trabalho alcançou bons resultados, principalmente no que concerne ao maior envolvimento dos alunos com o estudo da Física. Como anexo a este trabalho segue um roteiro no qual são discutidas algumas estratégias para a realização de atividades experimentais, apontando as vantagens e desvantagens de cada uma delas, com ênfase na investigação como uma abordagem que visa explorar esse recurso didático de maneira mais interessante e significativa para os estudantes.

Palavras-chaves: Atividade experimental. Guia experimental aberto. Metodologia investigativa. Teoria sociointeracionista de Vigotski. Física térmica. Termômetro de coluna líquida.

ABSTRACT

The excessive appreciation of the mathematical formalism and the lack of contextualization of the content has contributed to many students, especially in high school, to feel animosity to Physics and consequently having low records in this discipline. Defended by many researchers and teachers of Physics, the experimental activity consists of an interesting didactic resource to change this situation. However, it is not frequently used in classroom and when it is applied, in general, becomes inserted in a traditional proposal of teaching, using strictly structured guide that serves only for the illustration of the theory, verification of a law or observation of a phenomenon. As a suggested alternative for this situation we have developed a teaching strategy, grounded in Vigotski's social interaction theory and investigative methodology, which is currently defended by several researchers in the field of Science Education and explores the experimental activity in a flexible way under an investigative perspective. It consists of five parts: i. *Contextualization*; ii. *Instigation*; iii. *Planning*; iv. *Accomplishment* and v. *Ending*. The proposal has been applied in a high school classroom in a public school of a night class, as part of our teaching activities. To this end, we choose an experiment, commonly found in many Physics textbooks, which is the construction of a rudimentary liquid column thermometer. This experiment allowed us to explore several concepts related to Thermal Physics such as temperature, thermal equilibrium, expansion and thermal conductivity, calibration of thermometers, both analytically and qualitatively. Considering the context in which this proposal was applied, despite many adversities, we can consider that the work achieved its goal in a satisfactory way, especially concerning to the greater involvement of students in the study of Physics. Attached to this work follows a manual in which we discuss some strategies for realization of experimental activities, pointing out the advantages and disadvantages of each one. Additionally we emphasize the proposal based on the physical investigation in order to exploit the phenomenon in a more interesting and meaningful way.

Keywords: Experimental activity. Flexible experimental guide. Investigative methodology. Vigotski's social interaction theory. Thermal Physics. Liquid column thermometer.

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-----|--|
| AE | Atividade(s) Experimental(is) |
| AEI | Atividade(s) Experimental(is) Investigativa(s) |
| CF | Caderno de Física |
| EF | Ensino Fundamental |
| EJA | Educação de Jovens e Adultos |
| EM | Ensino Médio |
| ZDP | Zona de Desenvolvimento Proximal ou Imediata |
| ZDR | Zona de Desenvolvimento Real |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Roteiro experimental “ <i>Construindo um Termômetro</i> ” proposto pelo Caderno de Física do 2º ano do EM, vol. 1. | 39 |
| Figura 2: Termômetro construído pelo grupo I (sem a substância termométrica). | 64 |
| Figura 3: Termômetro construído pelo grupo II. | 66 |
| Figura 4: Termômetro construído pelo grupo III. | 69 |
| Figura 5: Termômetro construído pelo grupo IV. | 71 |
| Figura 6: Termômetro construído pelo grupo VI. | 75 |
| Figura 7: Termômetro construído pelo grupo VII. (a) Termômetro com o suporte de madeira para encaixá-lo. (b) Termômetro encaixado no suporte para que o tubo capilar permaneça aprumado. | 78 |
| Figura 8: Termômetro construído pelo grupo I registrando a temperatura ambiente. | 81 |
| Figura 9: Termômetro construído pelo grupo II registrando a temperatura ambiente. | 83 |
| Figura 10: Termômetro construído pelo grupo III registrando a temperatura ambiente. | 84 |
| Figura 11: (a) O termômetro construído pelo grupo IV registrando a temperatura ambiente. (b) Escala termométrica em detalhe. | 85 |
| Figura 12: (a) Termômetro construído pelo grupo V. (b) Detalhe do líquido na iminência de entornar pelo canudo durante a obtenção do segundo ponto fixo. | 87 |
| Figura 13: O termômetro construído pelo grupo VI registrando a temperatura ambiente. | 88 |
| Figura 14: Termômetro do grupo VII durante a calibração do primeiro ponto fixo. | 90 |
| Figura 15: Relatório elaborado pelo grupo I. (a) Primeira página do relatório. (b) Segunda página do relatório. | 130 |
| Figura 16: Relatório do grupo IV. (a) Primeira página do relatório. (b) Segunda página do relatório. (c) Terceira página do relatório. | 132 |
| Figura 17: Relatório do grupo V. | 135 |
| Figura 18: Relatório do grupo VI. (a) Primeira página do relatório. (b) Segunda página do relatório. | 136 |
| Figura 19: Relatório do grupo VII. | 138 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1: Resultado obtido na questão 1. Esta questão foi respondida por 28 alunos, um deles não assinalou nenhuma das alternativas. | 142 |
| Gráfico 2: Resultado obtido na questão 2..... | 143 |
| Gráfico 3: Resultado obtido na questão 3..... | 144 |
| Gráfico 4: Resultado obtido na questão 4..... | 146 |
| Gráfico 5: Resultado obtido na questão 5..... | 147 |
| Gráfico 6: Resultado obtido na questão 6..... | 148 |
| Gráfico 7: Resultado obtido na questão 7..... | 150 |
| Gráfico 8: Resultado obtido na questão 8..... | 151 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1: Sequência didática das situações de aprendizagem propostas no Caderno de Física para o 1º bimestre do 2º ano do EM. | 41 |
| Tabela 2: Respostas dos alunos à questão 6 do questionário de opinião..... | 154 |
| Tabela 3: Opiniões dos alunos, sobre a atividade realizada, expressas no item comentários e/ou sugestões do questionário de opinião. | 156 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 20 |
| 1.1 A TEORIA SOCIOINTERACIONISTA DE VIGOTSKI | 20 |
| 1.2 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA..... | 28 |
| 1.2.1 Atividades experimentais investigativas como alternativa às tradicionais aulas de laboratório..... | 29 |
| 1.2.2 Atividades experimentais investigativas: Algumas dificuldades | 32 |
| 1.3 A AEI E O REFERENCIAL SOCIOINTERACIONISTA NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS | 34 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 36 |
| 2.1 O CONTEXTO DA APLICAÇÃO | 36 |
| 2.2 A PROPOSTA DE TRABALHO | 38 |
| 2.3 AVALIAÇÕES | 45 |
| 3 APLICAÇÃO DA PROPOSTA | 46 |
| 3.1 ETAPAS DA APLICAÇÃO DA PROPOSTA..... | 48 |
| 3.1.1 Primeira etapa: Contextualização..... | 48 |
| 3.1.2 Segunda etapa: Provocação..... | 51 |
| 3.1.3 Terceira etapa: Planejamento | 53 |
| 3.1.4 Quarta etapa: Realização..... | 62 |
| 3.1.5 Quinta etapa: Fechamento..... | 95 |
| 3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA PROPOSTA | 99 |
| 4 AVALIAÇÃO QUALITATIVA | 101 |
| 4.1 AVALIAÇÕES DO ASPECTO CONCEITUAL E EXPERIMENTAL DO TRABALHO..... | 101 |
| 4.1.1 Questionário conceitual..... | 102 |
| 4.1.2 Questionário diagnosticando dificuldades | 119 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.3 Relatório da atividade experimental..... | 128 |
| 4.1.4 Questionário “pós-trabalho” | 140 |
| 4.2 AVALIAÇÃO DO INTERESSE DOS ALUNOS PELA ESTRATÉGIA DE ENSINO UTILIZADA NESTE TRABALHO | 152 |
| 4.3 DISCUSSÃO FINAL DOS RESULTADOS..... | 158 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 161 |
| REFERÊNCIAS | 164 |
| APÊNDICES | 168 |
| APÊNDICE A – Proposta experimental..... | 169 |
| APÊNDICE B – Modelo da ficha de acompanhamento dos alunos na atividade | 173 |
| APÊNDICE C – Esquema experimental elaborado pelo grupo I | 174 |
| APÊNDICE D – Guia para elaboração do relatório | 175 |
| APÊNDICE E – Questionário conceitual | 176 |
| APÊNDICE F – Questionário diagnosticando dificuldades | 178 |
| APÊNDICE G – Questionário “pós-trabalho” | 179 |
| APÊNDICE H – Questionário de opinião | 184 |
| ANEXO | 186 |
| ANEXO A – Roteiro do professor..... | 187 |

INTRODUÇÃO

Diariamente temos a oportunidade de contemplar uma grande variedade de fenômenos que ocorrem a nossa volta. A evaporação da água nas roupas estendidas no varal, a dilatação térmica de um portão que emperra num dia quente, a formação de um arco-íris após uma rápida chuva de verão, as marés observadas nas regiões litorâneas, os raios num dia de tempestade, são apenas alguns exemplos. Além dos fenômenos naturais temos uma diversidade cada vez maior de aparatos tecnológicos cujo funcionamento é baseado em algum princípio científico. São brinquedos eletrônicos, como o vídeo game; eletrodomésticos, como o micro-ondas; aparelhos de comunicação, como os celulares, computadores com Internet entre outros. Com esses poucos exemplos, temos motivo suficiente para acreditar que os estudantes do Ensino Médio (EM), particularmente, são embevecidos pela Física. No entanto, várias investigações – como, por exemplo, Bonadiman e Nonenmacher (2007) - na área de Ensino de Física mostram que a realidade tem sido outra. A maioria dos alunos tem aversão a esta disciplina.

A falta de interesse e até mesmo a repulsa que a maioria dos estudantes tem pela Física se deve, em boa parte, à forma que esta disciplina é trabalhada em sala de aula, comumente chamada de metodologia tradicional¹. Nesta, as atividades são focadas principalmente nas ações dos professores, sendo estes instrutores encarregados de resolver e discutir problemas quantitativos (matemáticos) e qualitativos (conceituais) não requerendo o envolvimento dos estudantes. Portanto, o professor é o agente ativo enquanto que os alunos têm o trabalho apenas de “absorver” informações, participando das aulas apenas como agentes passivos. Pesquisas na área de ensino tem consistentemente demonstrado que os estudantes aprendem mais quando são ativos, engajados e principalmente quando métodos que lhes conferem maior autonomia, como o desenvolvimento de atividades práticas – por exemplo, são utilizados. Aulas exclusivamente expositivas, conteúdos sem nenhuma relação com o cotidiano e a excessiva valorização do formalismo matemático são fatores que certamente corroboram para uma visão negativa e obscura da Física no EM. Muitos alunos acabam enxergando esta Ciência como uma disciplina muito complicada que somente algumas poucas

¹ Na verdade, o emprego da metodologia tradicional de ensino, na maioria das escolas brasileiras, é observado praticamente em todas as componentes curriculares. No entanto, neste trabalho o nosso interesse está centrado no Ensino de Física.

“mentes brilhantes”, iconizadas por Albert Einstein, Isaac Newton etc., conseguem entender. Essa imagem acaba sendo transmitida aos alunos do Ensino Fundamental (EF) que, conseqüentemente, ingressam no EM “atemorizados” com a disciplina. Mais drástico ainda é a falta de representatividade que a Física tem perante a maioria dos estudantes do nível médio, cuja aprendizagem de conceitos tem como única finalidade a resolução de algumas questões do vestibular para ingressarem na universidade. Dessa forma os estudantes deixam o EM sem entenderem a essência e as vantagens de se fazer um bom curso de Física, como a oportunidade de desenvolverem um raciocínio lógico com um excelente embasamento matemático. Estas habilidades são muito importantes em qualquer área do conhecimento. Todavia, essa falta de sentido em aprender Física pode ser uma consequência da falta de entendimento da maioria dos professores à seguinte pergunta: Para que serve a Física no Ensino Médio? O Ensino de Física deve se apoiar na troca construtiva de ideias onde o conhecimento é desejado. O aluno deve ter clareza de que precisa aprender Física e que esta Ciência será fundamental para o desenvolvimento de habilidades e competências, seja no estabelecimento de relações para melhor argumentar e debater ideias perante a sociedade ou na busca de proficiência em matemática e métodos para o desenvolvimento de um raciocínio lógico e coerente.

A forma tradicional e pouco envolvente de ensinar Física favorece a repetência, a evasão escolar e a indisciplina na sala de aula. Para muitos alunos acaba sendo mais interessante bater papo com seus colegas sobre quais atividades de lazer fizeram ou farão fora da escola. Aqueles que decidem participar das aulas acabam “absorvendo” apenas o necessário para a resolução das provas, com base na memorização de leis físicas, fórmulas e alguns conceitos. Geralmente o conteúdo estudado se perde após o período das avaliações.

Segundo especialistas, para mudar essa realidade o professor precisa fazer uso de estratégias de ensino que tornem a Física mais atrativa e o seu estudo mais prazeroso para os estudantes (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; CACHAPUZ et al., 2005; LABURÚ, 2006). Tais estratégias têm como objetivo tornar os alunos mais ativos colocando-os na condição de atores na construção dos seus próprios saberes na tentativa de buscar relações entre o que é ensinado na sala de aula com o dia a dia deles.

Envolver os estudantes em atividades experimentais (AE) é uma estratégia recomendada, há muito tempo, por diversos pesquisadores. Para estes, as AE tornam as aulas mais interessantes, estimulam a motivação dos alunos a se engajarem na busca pela

compreensão de conceitos fundamentais para uma aprendizagem sólida e no desenvolvimento de procedimentos e atitudes referentes à Ciência, facilitando o estabelecimento das relações destas com o cotidiano (CARRASCOSA et al., 2006; SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006; BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; ZANCUL, 2008). Contudo, quando este recurso didático é utilizado em sala de aula, em geral, acaba sendo inserido dentro de uma proposta tradicional de ensino, servindo apenas para ilustração da teoria, verificação de uma lei ou observação de um fenômeno, ou seja, pouco contribui para mudar a relação dos estudantes com a Física e também para a aprendizagem.

Para que a experimentação tenha um papel mais relevante na formação dos estudantes do EM vários trabalhos publicados nos últimos anos têm defendido a utilização de atividades experimentais investigativas (AEI) (BORGES, 2002; CARRASCOSA et al., 2006; SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006).

Ao se envolverem numa tarefa investigativa os alunos passam de meros receptores a novos investigadores, ou seja, se tornam sujeitos ativos no processo de ensino-aprendizagem e, com isso, responsáveis pela construção dos seus próprios conhecimentos. O papel do professor também se modifica nesse tipo de trabalho, passando de simples transmissor a orientador da atividade, sendo responsável por estimular a investigação e mediar às múltiplas interações que necessariamente surgem num ambiente de pesquisa. Além disso, em trabalhos dessa natureza, ao se deparar com situações problemáticas os estudantes naturalmente manifestam suas concepções prévias e ao perceberem a insuficiência de suas ideias para resolver o problema são levados a recorrer aos conceitos científicos. Dessa forma a AEI cria uma situação favorável à aprendizagem conceitual. Outro aspecto positivo das AEI consiste em proporcionar aos alunos uma visão da prática científica, criando assim uma oportunidade para desenvolverem competências referentes à investigação científica e resolução de problemas.

Se por um lado existe uma considerável quantidade de trabalhos científicos apontando para a necessidade de uma prática docente mais progressista que explore estratégias de ensino inovadoras, por outro as condições de trabalho do professor nem sempre são favoráveis a essas mudanças. A falta de vivência de práticas de ensino modernas durante a graduação - e até mesmo na pós-graduação - é uma das barreiras que o professor precisa superar para renovar a sua metodologia. Salas de aula super lotadas, a falta de espaço apropriado e de recursos pedagógicos básicos, reduzido número de aulas semanais, extensa e

exaustiva jornada de trabalho são mais alguns exemplos de dificuldades que o professor enfrenta no seu cotidiano, que muitas vezes contribui para a metodologia tradicional de ensino imperar nas escolas.

Desenvolvemos, neste trabalho, uma estratégia para conduzir, em uma sala de aula do EM da rede pública estadual do período noturno, a AEI e analisamos os efeitos da aplicação desta proposta em uma situação real de ensino, onde as condições de trabalho são pouco favorecedoras. Nossos objetivos são: a) tornar o ensino de Física mais motivador e significativo para os alunos, b) contribuir para que o processo de ensino-aprendizagem de Física promova o estudante a sujeito investigativo, c) abordar, no ensino de Física, além dos conceitos, procedimentos e atitudes, d) promover o ensino de Física que possibilite, aos alunos, uma visão mais participativa do fazer científico, e) implementar e avaliar, de maneira efetiva, a atividade investigativa no ensino de Física na escola média pública. Para tanto, escolhemos um experimento comumente encontrado em diversos livros didáticos, que é a construção de um termômetro de coluna líquida rudimentar. Com esta atividade foi possível explorar vários conceitos de física térmica como temperatura, equilíbrio térmico, dilatação e condutividade térmica, calibração de termômetros, tanto analiticamente quanto qualitativamente.

Devido à importância que a interação social entre os alunos e entre estes e o professor exerce no contexto da aprendizagem científica, apoiamos nossa proposta em algumas ideias básicas da teoria sociointeracionista de Vigotski, a qual será descrita na Seção 1 do Capítulo 1. Durante toda a aplicação da proposta, o trabalho em grupo, mediado pelo professor, foi valorizado.

Na Seção 2 do Capítulo 1 é apresentada, de maneira sucinta, uma revisão da literatura sobre os benefícios e dificuldades do emprego de práticas experimentais investigativas no ensino de Física. Na Seção 3 do mesmo Capítulo, é comentado sobre a relação entre o referencial sociointeracionista e as AEI. Nos Capítulos 2 e 3 são discutidos o contexto e as etapas de aplicação da proposta, a qual foi desenvolvida em cinco momentos: i. *Contextualização*; ii. *Provocação*; iii. *Planejamento*; iv. *Realização* e v. *Fechamento*.

Nos Capítulos finais 4 e 5 são apresentados a avaliação qualitativa da aplicação do projeto juntamente com a discussão dos resultados obtidos e as considerações finais.

O produto educacional deste trabalho tem a forma de um roteiro onde são discutidos os passos para a aplicação de um experimento em sala de aula. Apesar da simplicidade² do experimento apresentado, o roteiro tem um formato geral podendo ser recomendado para a orientação em qualquer outra atividade. Nosso intuito é auxiliar e motivar os professores a não abandonarem a realização de experimentos nas escolas mesmo que estes não desfrutem de recursos e condições suficientes para estas práticas. Apesar de discutir algumas estratégias para a realização de AE, apontando as vantagens e desvantagens de cada uma delas, o material enfatiza uma estratégia voltada para a investigação que faz uso de um guia experimental mais aberto, ou seja, uma estratégia que visa explorar esse recurso didático de maneira mais interessante e significativa para a aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Adicionalmente ao roteiro apresentamos o guia experimental da atividade fornecido aos alunos durante a aplicação da proposta e os questionários respondidos por eles ao final da atividade.

Levando em conta a realidade da turma e da escola em que a atividade foi aplicada, podemos considerar, com base nos resultados obtidos através dos instrumentos de avaliação utilizados nesta investigação, que o trabalho alcançou seus objetivos de forma satisfatória e, para nós, é igualmente importante que os alunos estejam mais embevecidos com a Física.

² O termo simplicidade se refere, neste caso, apenas ao aspecto material do experimento, uma vez que sua realização não exige recursos materiais sofisticados e de alto custo.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 A TEORIA SOCIOINTERACIONISTA DE VIGOTSKI

A teoria de Vigotski está baseada na ideia de que o ser humano se desenvolve ao interagir com o meio, ou seja, o seu desenvolvimento cognitivo depende diretamente do seu contexto social, histórico e cultural (MOREIRA, 1999). Vigotski admite que o cérebro possui uma história genética predeterminada, mas ele entende que essa predeterminação consiste apenas em uma estrutura basilar sobre a qual as demais estruturas mentais, de origem sociocultural, vão se formando (GASPAR, 2005).

O ser humano vai desenvolvendo e modificando seus processos psicológicos superiores por meio da *mediação*, ou seja, na medida em que ele interage com o ambiente à sua volta, fazendo uso de *instrumentos*³ e *signos*⁴. Assim, no pensamento vigotskiano, a socialização não é fruto do desenvolvimento cognitivo do indivíduo, mas é por meio da primeira que ocorre o desenvolvimento cognitivo dos processos mentais superiores.

Tanto *instrumentos* quanto *signos* são criações da humanidade que modificam e influenciam o desenvolvimento social e cultural de uma sociedade. Embora esses dois conceitos sejam caracterizados por uma função mediadora, eles se diferem, principalmente, na forma como orientam o comportamento humano. Enquanto os instrumentos são orientados externamente, conduzindo a atividade humana para o controle e domínio da natureza, os signos são orientados internamente constituindo um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo. No entanto essas duas atividades mediadas estão mutuamente ligadas, pois na medida em que o homem provoca alterações na natureza, a própria natureza humana também se modifica (VIGOTSKI, 2007).

³ Segundo Sforzi (2004, p. 34), “O instrumento serve como condutor da ação humana sobre o objeto e permite diretamente ampliar a ação do homem sobre a natureza e, indiretamente, sobre si mesmo.” Ferramentas e máquinas são exemplos de instrumentos.

⁴ De acordo com Moreira (1999, p.109), “... signo é algo que significa alguma coisa”. Conforme Vigotski (2007, p.52) “O signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho.” Como exemplos de signos, temos a palavra escrita, os números, os desenhos e os gestos.

É pela *internalização* de instrumentos e signos, que se dá pela interação social, que o indivíduo se desenvolve cognitivamente. O processo de internalização, segundo Vigotski (2007), consiste na reconstrução interna de uma operação externa. Trata-se, portanto, de um processo que acontece de fora para dentro, do social para o individual. Durante esse processo, atividades externas (funções interpessoais) transformam-se em atividades internas (intrapessoais). Assim, o pensamento de uma criança se desenvolve na medida em que ela vai reconstruindo internamente uma atividade externa. Essa reconstrução não é imediata e nem direta, mas resulta de uma longa série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento (REIG; GRADOLÍ, 1998; VIGOTSKI, 2007).

A internalização de signos é, para Vigotski, de fundamental importância para o desenvolvimento do intelecto humano. Mas ela somente acontece quando o ser humano consegue captar os significados dos signos que, por sua vez, são construídos social, histórica e culturalmente. Ou seja, a internalização se concretiza quando o indivíduo passa a compartilhar significados já aceitos no contexto social no qual ele está inserido (MOREIRA, 1999).

Nota-se, dessa forma, que é através da interação social que a pessoa pode captar significados (que lhes chegam por meio de outra pessoa) e certificar-se (externalizando para outra pessoa) se esses significados são aqueles compartilhados socialmente para os signos em questão. No entanto, não é qualquer interação social que serve para esse fim. Além de implicar um mínimo de duas pessoas intercambiando informações, também é necessário que a interação social apresente certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes, ou seja, é preciso que haja entre eles um envolvimento ativo, mas não de forma simétrica, durante o intercâmbio (GARTON⁵ apud MOREIRA, 1999). Portanto, é indispensável, na interação social, a presença de um parceiro mais capaz, ou seja, a participação de alguém que já tenha internalizado os significados contextualmente aceitos.

No contexto escolar, por exemplo, o professor é o parceiro mais capaz. Ele tem a responsabilidade de apresentar aos seus alunos os significados aceitos no contexto da disciplina de ensino que ministra e verificar, por meio da externalização, se os significados assimilados pelos alunos são aceitos naquele contexto. Já aos alunos cabem, de alguma forma, externalizarem ao professor os significados captados e checar se esses significados são

⁵ GARTON, A. F. **Social interaction and the development of language and cognition**. Hillsdale, USA: Lawrence Erlbaum, 1992.

aqueles que o professor pretendia ensinar (DORNELES, 2010). De acordo com Gowin⁶ (apud Moreira, 1999), o processo ensino-aprendizagem se consoma quando os alunos e o professor compartilham dos significados a respeito do conteúdo de ensino. Contudo, um estudante que já tenha internalizado certo conceito também poderá assumir o papel de parceiro mais capaz para outros colegas menos experientes, principalmente, em situações em que o professor está ausente como em atividades extraclases, por exemplo.

Para Vigotiski, cada pessoa apresenta dois níveis de desenvolvimento: a zona de desenvolvimento real (ZDR) e a zona de desenvolvimento proximal ou imediata (ZDP).

Por ZDR se entende o nível de desenvolvimento das funções mentais que já estão amadurecidas no indivíduo. Nesse nível qualquer tarefa pode ser realizada pelo sujeito de forma independente, ou seja, sem o auxílio de um parceiro mais experiente.

Já a ZDP é definida por Vigotiski (2007, p. 97) como:

... a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

A ZDP define aquelas funções que ainda não estão estabelecidas na estrutura cognitiva do indivíduo, mas que se encontram em processo de formação. Nesse nível de desenvolvimento uma pessoa só pode resolver um problema se tiver o auxílio de alguém mais capaz. Trata-se, no entanto, de uma zona dinâmica, pois os seus limites estão sempre mudando. Aquilo que hoje é ZDP amanhã será ZDR, ou seja, aquilo que um indivíduo só pode fazer com a colaboração de alguém mais experiente hoje, conseguirá fazer sozinho amanhã (MARTINS, 2005; VIGOTSKI, 2007).

A ZDP representa, portanto, a região onde o desenvolvimento cognitivo ocorre. Nela, por meio da interação social, o aprendiz adquire novos significados que conduz ao seu desenvolvimento cognitivo. Assim, de acordo com Vigotski, apesar da inter-relação entre aprendizagem e desenvolvimento esses dois processos não coincidem imediatamente, a

⁶ GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca, NY, Cornell University Press. 1981. 210 p.

aprendizagem se antecipa ao processo de desenvolvimento estimulando-o. Esta é a origem das ZDP's.

Nesse sentido, Vigotiski considera que "...o único bom ensino é aquele que está à frente do desenvolvimento cognitivo e o dirige. Analogamente, a única boa aprendizagem é aquela que está avançada em relação ao desenvolvimento." (MOREIRA, 1999, p. 118). Dessa forma, é nesta área que o professor (enquanto parceiro mais capaz) deve conduzir as atividades de ensino mediando os aprendizes até que passem a compartilhar os mesmos significados. Contudo, Vigotiski alerta que para o aprendiz progredir do que ele já sabe fazer para o que não sabe, as situações de ensino devem favorecer a *imitação*⁷, pois ao imitar alguém mais capaz em uma situação problemática nova o aprendiz acaba adquirindo uma estrutura cognitiva semelhante a do imitado tornando-se capaz de resolver esse problema de forma independente (DORNELES, 2010). Conforme Vigotiski (2007, p. 101):

As crianças podem imitar uma variedade de ações que vão muito além dos limites de suas próprias capacidades. Numa atividade coletiva ou sob orientação de adultos, usando a imitação, as crianças são capazes de fazer muito mais.

A ideia de que a criança em colaboração com um adulto sempre pode fazer mais do que sozinha também é estendida por Vigotiski e seus colaboradores para o contexto escolar.

No que concerne à aprendizagem de conceitos no ambiente escolar, Vigotiski considera que a criança ao frequentar a escola leva consigo uma série de ideias e conceitos (cotidianos ou espontâneos) que foram previamente formados em sua estrutura cognitiva através do contato com objetos e da convivência com outras pessoas mais experientes (pais, irmãos mais velhos, colegas da vizinhança, líderes religiosos, etc.). A aprendizagem desses conceitos, que são não sistemáticos, não organizados e baseados em situações particulares e informais, se inicia na infância e continua mesmo após a criança entrar na escola e ao longo de toda a sua vida (FERREIRA, 2009).

⁷ De acordo com a psicologia moderna a imitação não deve ser vista como um processo puramente mecânico, pois uma pessoa só consegue imitar o que está no seu nível de desenvolvimento. Deste modo, a imitação consiste em um processo cognitivo (VIGOTISKI, 2007).

A formação de conceitos resulta de uma atividade complexa, onde todas as funções intelectuais básicas (como, por exemplo, atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar) se fazem necessárias. Nesse processo, Vigotiski destaca três fases: *amontoados sincréticos*, *pensamento por complexos e abstração* (PAULOVICH, 1998; REIG; GRADOLÍ, 1998; NÉBIAS, 1999).

Na fase dos *amontoados sincréticos* fatores perceptivos são irrelevantes, a criança agrupa objetos aos quais se atribui um nome, com base em diversas impressões subjetivas. Inicialmente o agrupamento se faz por tentativa e erro; posteriormente, de acordo com a organização que a criança faz de seu campo visual; e, por fim, por elementos tirados - com a mesma coerência-incoerência dos estágios anteriores - de grupos ou amontoados diferentes (PAULOVICH, 1998; REIG; GRADOLÍ, 1998; NÉBIAS, 1999).

Na fase do *pensamento por complexos* o indivíduo agrupa objetos com base em seus aspectos perceptivos comuns, ou seja, de acordo com vínculos concretos e factuais que, de fato existem entre esses objetos. Contudo, trata-se de vínculos pouco estáveis, podendo mudar uma ou mais vezes durante o processo de ordenação. Cinco estágios são distinguidos, por Vigotiski, nesta fase: *complexos associativos* (agrupamento de objetos em torno de um que atua como núcleo), *complexos de coleção* (a associação de objetos é realizada com base em algum aspecto no qual diferem ou se complementam), *complexos em cadeia* (agrupamento dinâmico, consecutivo de objetos na qual não existe um único núcleo causal, mas várias causas de relações concatenadas), *complexos difusos* (reunião de objetos em torno de vínculos difusos e indeterminados) e *pseudoconceitos* (caracterizam-se pela associação de objetos de acordo com critérios que poderiam ser abstratos, todavia não são) (REIG; GRADOLÍ, 1998; NÉBIAS, 1999). Conforme Paulovich (1998, p.41) destaca:

... não há uma hierarquia entre esses estágios nem uma determinada faixa etária para esse tipo de pensamento. Mesmo pessoas adultas que já têm um desenvolvimento mental que possibilita a formação de conceitos, muitas vezes recorrem ao pensamento por complexos.

Dos cinco estágios do pensamento por complexos, vale destacar a formação de *pseudoconceitos*, uma vez que este pode ser considerado como a ponte entre a formação de

complexos e o estágio final do desenvolvimento da formação de conceitos. Neste estágio a criança generaliza fenotipicamente, mas psicologicamente seu conceito é muito diferente do conceito propriamente dito do adulto (NÉBIAS, 1999). Ou seja, em termos externos, o conteúdo da generalização por complexos coincide com o conteúdo da generalização construída com base no conceito, mas é na natureza genética, nas condições de surgimento e desenvolvimento e nos vínculos dinâmico-causais que se distingue o pseudoconceito do conceito (PAULOVICH, 1998). Por exemplo, o indivíduo pode resolver um problema combinando objetos com base nos seus vínculos diretos factuais e concretos, chegando ao mesmo resultado que obteria fundamentando-se no pensamento abstrato. Entretanto, se o resultado é o mesmo somente uma análise experimental possibilitará, pelo reconhecimento da presença ou ausência de um fundamento conceitual, a distinção entre o conceito e o pseudoconceito. Assim, o pseudoconceito finaliza toda a segunda fase, do *pensamento por complexos*, e inicia a terceira fase, da *abstração*, no desenvolvimento da formação de conceitos, servindo como elo entre eles.

Conforme Nébias (1999, p. 135), na fase da *abstração*:

... o grau de abstração deve possibilitar a simultaneidade da generalização (unir) e da diferenciação (separar). Essa fase exige uma tomada de consciência da própria atividade mental porque implica numa relação especial com o objeto, internalizando o que é essencial do conceito e na compreensão de que ele faz parte de um sistema. Inicialmente formam-se os conceitos potenciais, baseados no isolamento de certos atributos comuns, e em seguida os verdadeiros conceitos.

Embora essa abstração ocorra na adolescência, não se trata de um período de conclusão, mas, sobretudo, de crise e amadurecimento do pensamento. Mesmo depois de ter aprendido a operar com os conceitos, o adolescente não abandona as formas mais elementares que por muito tempo ainda continuam sendo predominantes em várias áreas do seu pensamento (IVIC, 2010). Ivic (2010, p. 57), complementa:

Até mesmo o adulto está longe de pensar sempre por conceitos. É muito freqüente o seu pensamento transcorrer no nível do pensamento por complexos, chegando, às vezes, a descer a formas mais elementares e mais primitivas. Mas os próprios

conceitos do adolescente e do adulto, uma vez que sua aplicação se restringe ao campo da experiência puramente cotidiana, frequentemente não se colocam acima do nível dos pseudoconceitos e, mesmo tendo todos os atributos de conceitos do ponto de vista da lógica formal, ainda assim não são conceitos do ponto de vista da lógica dialética e não passam de noções gerais, isto é, de complexos.

Ao adentrar no espaço escolar, o aprendiz se depara com um sistema conceitual abstrato que apresenta diferentes graus de generalidade (conceitos científicos), que são considerados por Vigotiski como os verdadeiros conceitos. Para ele, conforme Martins (2005) e Reig e Gradolí (1998), enquanto os conceitos cotidianos são embasados nas experiências imediatas das crianças movendo-as dos objetos para o conceito, sem a consciência da própria atividade mental, os conceitos científicos, aprendidos formalmente no âmbito escolar, são apresentados e aprendidos como parte de um sistema hierárquico de diferentes níveis de generalidade e progredem por meio da atividade mental consciente da pessoa. Assim, é na presença ou ausência de um sistema que reside a principal diferença entre essas duas categorias de conceitos (GASPAR; MONTEIRO, 2005; Vigotiski, 2008). De acordo com Gaspar e Monteiro (2005, p.231):

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

Para exemplificar a diferença na relação que conceitos científicos e cotidianos estabelecem com a experiência pessoal do aprendiz, Vigotiski⁸, citado por Gaspar e Monteiro (2005, p. 232) compara a lei de Arquimedes com o conceito de irmão:

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

Na sala de aula os conceitos científicos, presentes nos materiais didáticos e apresentados pelos professores, começam a se confrontar com os conceitos cotidianos dos aprendizes. Nesse confronto, esses conceitos passam a se inter-relacionar e a se influenciarem constantemente passando a fazer parte de um único sistema: *o desenvolvimento da formação dos conceitos* (VIGOTISKI, 2008).

Embora, para Vigotiski, a formação dos conceitos científicos e a formação dos conceitos cotidianos se desenvolvam por caminhos distintos (visto que a formação desses conceitos difere quanto à sua relação com a experiência do aprendiz, e quanto à atitude do aprendiz para com os objetos), ele não vê os dois processos como antagônicos. Para ele, os dois processos estão intimamente relacionados, convivem e se alimentam mutuamente de tal forma que, à medida que os conceitos científicos se desenvolvem na estrutura cognitiva do aluno, os conceitos cotidianos vão se tornando mais articulados e, torna-se possível ao aluno se apropriar de um conceito científico correlato (MARTINS, 2005; VIGOTISKI, 2008). Essa apropriação, contudo, não é imediata e nem definitiva, mas, conforme Martins (2005, p. 56), “[...] se consolida e se amplia à medida que são oferecidas situações específicas para exercitarem os sentidos e significados implicados com os conteúdos aprendidos”, ou seja, a aprendizagem de conceitos (cotidianos e científicos) é uma contínua prática social de construção e reconstrução do conhecimento. Portanto, de acordo com as ideias vigotistikianas, é por meio da aprendizagem escolar que a formação de conceitos recebe a força que impele o desenvolvimento intelectual da criança (aluno). Obviamente o desenvolvimento na mente da

⁸ VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

criança (aluno) vai depender das diferentes condições em que os conceitos científicos e espontâneos são adquiridos por elas (ROSA, C.; ROSA, A., 2010).

Do ponto de vista vigotiskiano, a aprendizagem de novos conceitos dependerá, fundamentalmente, das interações sociais estabelecidas na sala de aula. Assim, cabe ao professor utilizar estratégias de ensino que estimule a interatividade, que favoreça o diálogo, de forma que a sala de aula se transforme num espaço de debate e confronto de ideias.

Nesse sentido, as AEI podem contribuir significativamente para o processo de ensino-aprendizagem. A construção e a manipulação de experimentos, assim como a resolução de um problema ou a exploração de um fenômeno - proporcionados pelo trabalho investigativo - tende a estimular a interlocução entre os alunos e entre o professor e os alunos, proporcionando, dessa forma, a interação e a troca de significados dentro da ZDP. É nessa linha de raciocínio, portanto, que a teoria sociointeracionista de Vigotski serviu de base para este trabalho.

1.2 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA

A maioria dos professores de Ciências, particularmente de Física, concorda que AE geralmente despertam o interesse nos alunos. Diversos trabalhos publicados em revistas especializadas reforçam a ideia de que utilizar a experimentação como estratégia de ensino pode estimular o aluno a engajar-se no conteúdo que está sendo abordado, favorecendo assim, a aprendizagem de conceitos (ALVES; STACHAK, 2005; LABURÚ, 2006; SOUZA; OLIVEIRA, 2010).

Ainda que as AE não sejam por si só suficientes para a aprendizagem, a literatura aponta que estudantes que têm aulas teóricas com suporte experimental, seja na metodologia tradicional ou em metodologias mais progressistas, apresentam melhores índices de aprendizagem (BARBOSA; PAULO; RINALDI, 1999; MORAES, A., MORAES, L., 2000).

Apesar da importância dada, por muitos professores e pesquisadores da área de Ensino de Ciências à AE, esse recurso, quer por falta de condições adequadas ou pela própria idiosincrasia do professor, ainda é pouco utilizado nas aulas de Física, principalmente do

Ensino Médio (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; BORGES, 2002; CARRASCOSA et al., 2006; LABURÚ; BARROS; KANBACH, 2007). Quando estas são realizadas, estão fortemente associadas a uma abordagem tradicional de ensino apresentando um caráter puramente demonstrativo, no que concerne a observação de fenômenos ou verificação de alguma lei física, sem a participação direta do aluno. Em geral, essas atividades são orientadas por um roteiro fortemente estruturado (do tipo “receita de bolo”) presentes em livros didáticos e/ou manuais de apoio, cujo formato não possibilita ao aluno seguir outro caminho alternativo ao proposto no roteiro (ARAÚJO; ABIB, 2003; OLIVEIRA; SOUZA, 2011).

1.2.1 Atividades experimentais investigativas como alternativa às tradicionais aulas de laboratório

Já há algum tempo, vários pesquisadores da área de Ensino de Física vêm apontando as AEI como uma alternativa às práticas de laboratório tradicionalmente realizadas nas escolas brasileiras. Esse é um tema corrente em diversos países do mundo.

Por AEI entende-se aquelas atividades que envolvem os estudantes na busca por respostas, na resolução de um problema ou na exploração de um fenômeno, similarmente ao trabalho científico - ou seja, atividades que se caracterizam por combinar processos, conceitos e procedimentos na resolução de um problema - e que são orientadas por um guia cujo formato permite certo grau de liberdade aos aprendizes para a sua realização. (BORGES, 2002; GURIDI; ISLAS, 1998).

De acordo com o paradigma tradicional, ao realizar um experimento o estudante apenas faz observações, coleta dados e tira conclusões seguindo os procedimentos de um receituário. Já nas atividades práticas voltadas para a investigação, os alunos passam a ter um papel mais central no processo de aprendizagem, uma vez que se tornam responsáveis pela organização e planejamento da atividade (BORGES, 2002). Cabe a eles escolher os materiais mais apropriados, decidir qual o procedimento mais adequado, elaborar e testar hipóteses, identificar problemas e propor soluções, interpretar e discutir resultados com seus parceiros e elaborar relatórios sobre a atividade realizada. Para tanto, é fundamental que a atividade investigativa tenha um grau de dificuldade adequado ao nível cognitivo dos estudantes e que seja sustentada por uma base teórica bem compreendida por eles. Formalmente dizemos que a atividade deve conduzir os alunos a um processo de

aprendizagem que possa ser desenvolvido dentro da *zona de desenvolvimento proximal* dos alunos, para que a mesma não se converta em fonte de desânimo e de impossibilidade de resolução (CACHAPUZ et al., 2005; SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006).

Para os pesquisadores que defendem a utilização de AEI como estratégia de ensino na sala de aula, são várias as vantagens dessa proposta em relação às tradicionais aulas de laboratório, por favorecer o desenvolvimento de uma gama maior de competências pelos estudantes.

Propostas experimentais dessa natureza privilegiam a análise, a reflexão e a interação entre os alunos, propiciam condições para a elaboração e teste de hipóteses, estimulam a criatividade, o debate de ideias, o pensamento crítico e a realização de sínteses e conclusões, possibilitando que os estudantes busquem por si mesmos as respostas e soluções para os problemas apresentados.

Assim, de acordo com Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006), essa abordagem investigativa concebida à AE além de facilitar a aprendizagem significativa de conceitos também contribui para o desenvolvimento de procedimentos e atitudes científicas. A forma de “*estudar ciências fazendo Ciência*” possibilita que alunos não só aprendam sobre os conteúdos como também sobre a natureza das ciências e a prática científica. Hodson⁹, segundo Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006, p. 389), distingue esses três tipos de aprendizagem da seguinte forma:

- (1) *aprender ciência* - adquirir e desenvolver conhecimento conceitual e teórico;
- (2) *aprender acerca da ciência* – desenvolver uma compreensão sobre a natureza e métodos da ciência e uma percepção das complexas interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente;
- (3) *fazer ciência* – empenhar-se e desenvolver competências em investigação científica e resolução de problemas.

⁹ Hodson, D. The place of Practical Work in Science Education. In **Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências**. Braga: Universidade do Minho, 2000.

Ainda nesse sentido, Campos¹⁰, de acordo com Vendruscolo (2008, p.103), considera que:

... a atividade que seguir esse encaminhamento desenvolve a autonomia dos alunos, promove aprendizagens significativas, pela mudança não só conceitual, mas também metodológica e atitudinal. E, ainda, possibilita a visão das ciências com uma interpretação do mundo, ampliando as habilidades relacionadas à aprendizagem, e não como um conjunto de respostas prontas e definidas.

Um estudo comparativo entre aulas experimentais com roteiros tradicionais e com roteiros abertos foi realizado por Guridi e Islas (1998). Elas verificaram que as turmas que trabalharam com roteiros abertos, além de apresentarem uma melhor compreensão conceitual mostraram avanços em relação aos aspectos metodológicos da ciência, ou seja, o trabalho experimental realizado por esses estudantes se “aproximou” mais da maneira como trabalham os cientistas.

Para que uma AE seja concebida como um trabalho investigativo, Carrascosa et al. (2006) considera que ela deve contemplar certos aspectos como: 1. apresentar situações problemas abertas, com um nível de dificuldade adequado para os estudantes; 2. favorecer a reflexão sobre a relevância e o possível interesse pelas situações propostas, que dê sentido ao seu estudo; 3. potencializar a análise qualitativa, sem deixar de lado o papel essencial da matemática como instrumento de investigação; 4. estabelecer o levantamento de hipóteses como atividade central da investigação científica; 5. considerar a importância da elaboração de modelos e do planejamento da atividade experimental pelos próprios estudantes; 6. promover uma análise minuciosa dos resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.); 7. considerar a possibilidade de novas perspectivas (replanejamento do estudo); 8. pedir um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimentos, assim como as possíveis implicações em outros campos do conhecimento; 9. dar uma especial atenção à elaboração de relatórios que refletem o trabalho realizado e potencializar a dimensão do trabalho científico; 10. Potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico organizando grupos de trabalho e facilitando a interação entre cada grupo e a “comunidade científica” representada na classe pelos outros

¹⁰ CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de Ciências**: o ensino-aprendizagem como investigação. São Paulo: FTD, 1999.

grupos, pelos conteúdos científicos (presentes nos livros didáticos, por exemplo), pelo professor como perito, etc.

Para os autores desse artigo, esse conjunto de aspectos não deve ser entendido como um algoritmo a ser seguido linearmente, mas sim como um recordatório da notável riqueza da atividade científica e uma chamada de atenção contra os habituais reducionismos.

Apesar das vantagens das propostas experimentais investigativas em relação às tradicionais aulas de laboratório apresentadas por diversos pesquisadores, são encontrados poucos exemplos de aplicação dessas propostas na literatura, particularmente nacional. Provavelmente essa constatação pode ser resultado das dificuldades de se implementar AE dessa natureza num contexto real de ensino. Na próxima seção deste capítulo comentaremos algumas dessas dificuldades com base na literatura.

1.2.2 Atividades experimentais investigativas: algumas dificuldades

É importante salientar que algumas das dificuldades abordadas nesta seção não aparecem somente na aplicação de AEI. Estas também estão presentes na implementação de qualquer estratégia adotada, principalmente de cunho inovador, em condições reais de ensino.

A grande maioria das escolas brasileiras enfrenta o problema das salas de aula lotadas. Zancul (2008) admite que é difícil organizar uma atividade prática com trinta alunos ou mais, seja no laboratório ou na sala de aula, principalmente se a turma apresenta problemas de indisciplina. Para tentar superar esse obstáculo e tornar viável a realização de trabalhos experimentais com turmas numerosas, esses autores sugerem a elaboração de regras conjuntamente com os alunos.

Outro agravante se refere à quantidade de aulas semanais de Física. No Brasil, em boa parte das escolas, são ministradas em cada turma do EM, em média, duas aulas semanais de cinquenta minutos cada e nem sempre essas aulas são geminadas. Ou seja, pelo número de aulas disponíveis é quase inviável o desenvolvimento completo de uma atividade prática nesse nível de ensino, principalmente com formato investigativo. Uma alternativa para os professores que convivem com essa realidade é propor aos alunos que realizem parte da atividade fora do horário de aula, como uma tarefa de casa.

Uma das justificativas referentes a não utilização de experimentos para complementar as aulas de Ciências e que é comumente apontada pelos professores concerne à falta de materiais e de espaço apropriado para a realização dessas práticas. Segundo Zancul (2008), este é um problema simples de ser resolvido, pois pode-se realizar inúmeros experimentos com materiais de baixo custo facilmente encontrados no comércio comum e até mesmo com sucatas encontradas pelos próprios alunos sem custo algum, sendo possível desenvolvê-los na própria sala de aula.

Não podemos deixar de comentar o problema da falta de experiência de alguns professores com trabalhos experimentais. Muitos docentes não vivenciaram em sua formação inicial práticas dessa natureza e se sentem inseguros para conduzir AE em suas aulas. Os cursos de formação continuada podem contribuir para que lacunas, como essa, sejam preenchidas. Contudo, a extensa jornada semanal de trabalho e até mesmo a falta de recursos financeiros acabam comprometendo a participação de uma grande parcela dos educadores nesses cursos.

Além do discurso da falta ou carência de condições adequadas à experimentação nas aulas de Física, Laburú, Barros e Kanbach (2007) também atribuem o não emprego de AE nas escolas, principalmente do nível médio, à relação do professor com o seu saber profissional. Mesmo que existam todas as condições necessárias para o desenvolvimento de aulas práticas em sala de aula, o professor pode não realizá-las por acreditar na inutilidade pedagógica ou epistêmica desse procedimento para o processo de ensino-aprendizagem.

No que tange as AEI, Guridi e Islas (1998) ainda apontam como dificuldades: a falta de experiência dos alunos e seu desconcerto quando enfrentam uma atividade experimental aberta, a própria limitação para conduzir este tipo de atividade e a dificuldade para “abrir” uma atividade experimental tradicional. Como alternativa a esses obstáculos, Hodson¹¹, segundo as autoras anteriormente citadas, propõe um desenvolvimento gradual, começando com AEI simples e desenvolvidas pelo professor e avançando em seguida (na medida em que cresce a confiança, a habilidade e o conhecimento) para outras atividades mais abertas e complexas.

¹¹ HODSON, D. 'Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science'. **Studies in Science Education**, 22, p. 85-142, 1993.

Nessa mesma linha de raciocínio, Borges (2002, p. 40) declara que “uma atividade aberta pode ser muito difícil para estudantes sem conhecimento de conteúdo e sem experiência anterior com laboratório.” Posteriormente, ele sugere que “as investigações devam ser inicialmente simples e feitas em pequenos grupos, embora com um sentido claro de progressão ao longo do curso.” (BORGES, 2002, p. 41). Assim, para esse pesquisador, as atividades devem ser planejadas levando em conta tanto a experiência dos alunos com atividades práticas investigativas quanto o conhecimento deles referente ao tópico a ser investigado. No caso de turmas com defasagem de conteúdo, o autor aconselha que os estudantes recorram a consultas a livros ou materiais preparados especialmente para suprir essa carência, sendo, portanto, necessário uma assistência mais direta do professor aos alunos. Para ele, o ideal seria que atividades com esse enfoque fossem introduzidas já no EF, assim os alunos chegariam ao EM familiarizados e com certa experiência nesse tipo de prática.

1.3 A AEI E O REFERENCIAL SOCIOINTERACIONISTA NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

Conforme o referencial teórico sociointeracionista, a aprendizagem de conceitos científicos e, conseqüentemente, o desenvolvimento cognitivo do aprendiz depende fundamentalmente das interações que ele estabelece com a tarefa proposta, com os outros alunos da classe e com o professor. Assim, o processo ensino-aprendizagem será mais eficaz se essas interações sociais forem potencializadas pela participação mais efetiva dos alunos no intercâmbio de informações e negociação de significados com os pares e, principalmente, com o docente, que deve conduzir as atividades mediando os aprendizes até que compartilhem os mesmos significados e, portanto, progridam daquilo já sabem fazer de forma independente (sem a colaboração de alguém mais experiente) para o que não sabem.

As AEI, percorridas neste trabalho, se caracterizam, principalmente, por envolver os estudantes na resolução de um problema de forma colaborativa por meio de guias experimentais mais abertos que conferem a eles a liberdade e a responsabilidade para a organização, o planejamento e a execução da atividade. Ao conceber o aluno como sujeito investigativo, cria-se na sala de aula um espaço para o diálogo e a troca mútua de significados

entre parceiros que, geralmente, encontram-se em diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo, favorecendo, assim, a conversão das relações sociais em funções mentais por meio do nosso principal sistema de signos – a linguagem. No entanto, isso só será possível se o problema proposto pela AEI se encontrar na ZDP da maioria dos alunos, ou seja, se ele puder ser solucionado com auxílio de colegas e do professor (parceiros mais capazes). Nessa nova dinâmica, proporcionada pela AEI, o papel do professor necessariamente se modifica. O foco da sua ação deixa de ser a transmissão de conteúdos e passa a ser a mediação das múltiplas interações estabelecidas na sala de aula (aluno-conteúdo, aluno-aluno, classe-professor), valorizando a experiência vivencial dos educandos para que os seus conhecimentos cotidianos sejam enriquecidos e possibilitem que eles se apropriem dos conhecimentos científicos.

Contraopondo-se ao processo de ensino tradicional, a AEI potencializa a interação social possibilitando um processo de ensino-aprendizagem centrado na dialética. Além disso, a AEI, diferentemente das atividades escolares conservadoras, propicia ao aprendiz elementos de realidade e de experiência pessoal que pode fortalecer a aprendizagem de conceitos científicos, como acontece com a aprendizagem de conceitos cotidianos. Dessa forma, entendemos que ela concretiza a proposta sociointeracionista de Vigotski.

Motivados pelos diversos benefícios que as AEI podem trazer para o processo de ensino-aprendizagem, e com base em análises das adversidades comumente encontradas nas escolas de nível médio, foi preparado neste trabalho um material próprio para a aplicação desta proposta em uma turma do EM da rede pública de ensino. O detalhamento da proposta e do contexto em que ela foi aplicada, assim como os resultados obtidos serão discutidos nos próximos capítulos.

CAPÍTULO 2

MATERIAL E MÉTODOS

O principal objetivo deste trabalho foi elaborar e implementar uma AEI voltada à realidade da escola pública onde o autor exerce sua docência, de modo que os problemas enfrentados e as soluções encontradas pudessem ser compartilhados com outros professores. Foi desenvolvido um guia experimental próprio com uma atividade de ensino investigativa que poderá auxiliar o trabalho de professores que desejem experimentar a proposta. Nossa hipótese é de que a AEI contribui para a maior motivação e participação dos alunos nas aulas de Física, uma vez que os desafia à resolução de problemas propostos em sala de aula, de um modo mais aberto e colaborativo. A AEI foi realizada através da exploração e construção didáticas de um termômetro de coluna líquida. Este possibilita a abordagem de vários conceitos de física térmica, além de ser acessível aos alunos do EM.

O roteiro desenvolvido (ver Anexo) visa orientar e incentivar professores do EM a utilizar a prática experimental como um importante e efetivo complemento para a aprendizagem da Ciência ainda quando o ambiente de trabalho oferece condições pouco favoráveis para sua realização. Apesar do tratamento de um único experimento, o roteiro foi preparado na tentativa de servir de base geral como guia de qualquer outra atividade prática com caráter de AEI.

Neste capítulo, apresentamos o ambiente de trabalho em que a investigação foi realizada, as adversidades enfrentadas e a estratégia de ensino desenvolvida.

2.1 O CONTEXTO DA APLICAÇÃO

O trabalho foi realizado no primeiro semestre letivo de 2010 com uma turma do 2º ano do EM (2º ano D) do período noturno, de uma escola pública estadual, localizada na cidade de Salto, interior de São Paulo. Trata-se de uma escola de médio porte onde funcionavam trinta e três turmas entre Ensino Fundamental II, Ensino Médio e EJA (Educação de Jovens e Adultos), distribuídas em três turnos, sendo que cada classe possuía,

em média, trinta e cinco alunos. A escola possui dezesseis salas de aula, uma quadra poliesportiva coberta, uma biblioteca, uma sala de informática que funciona no estilo *lan house* e uma sala de vídeo que, além de uma televisão e um DVD player, possui um data show e um computador.

A escola não apresenta espaços apropriados como laboratórios ou salas com bancadas para realização de práticas experimentais. Portanto a maior parte do trabalho foi desenvolvida em sala de aula. Obviamente não havia aulas extras de laboratório. Todo o desenvolvimento do trabalho, aulas teóricas e práticas, tiveram que ser adaptados para serem desenvolvidas em apenas duas aulas de Física semanais com duração de quarenta e cinco minutos cada.

Este foi o primeiro desafio, ou seja, como trabalhar o método investigativo da Ciência em intervalos semanais de tempo tão curtos? A escolha da turma do 2º ano D deu-se, principalmente, porque era a única turma que possuía as duas aulas semanais geminadas. Essa foi uma condição extremamente relevante, uma vez que com aulas em dias diferentes se perde o dobro do tempo com a organização dos alunos na sala de aula.

No período em que o trabalho foi realizado, a turma possuía trinta e nove alunos matriculados. Destes, trinta e quatro frequentaram as aulas assiduamente. A média de idade desses estudantes era de dezesseis anos sendo que, praticamente, a metade deles trabalhava durante o dia. Aqui surge outro desafio: como desenvolver o trabalho para que haja interesse e compromisso dos alunos com o cumprimento das atividades, seja em sala de aula ou em casa? No tipo de proposta que abordamos, o *compromisso* dos alunos com o trabalho é muito importante, uma vez que as aulas eram sequenciais e necessitavam da presença e do empenho deles em todas as aulas.

Apesar de já estar cursando a etapa final do Ensino Básico, parte desses alunos apresentavam problemas sérios de aprendizagem, como, por exemplo, dificuldade para ler, interpretar textos e realizar operações básicas de matemática. Com relação aos estudos (dedicação, comprometimento, objetivos), podemos considerar a turma como heterogênea. Embora não apresentassem problemas sérios de indisciplina, vários alunos se mostravam apáticos e pouco interessados pelos estudos. Além disso, havia na classe problemas de relacionamento entre alguns alunos que procuravam evitar qualquer tipo de interação entre si.

Portanto, nos deparamos com uma grande quantidade de problemas que tiveram que ser considerados antes da aplicação desta proposta. O material deveria suprir as deficiências de aprendizagem dos alunos, ser estimulante e prazeroso para despertar maior interesse dos mesmos e a estratégia de trabalho deveria considerar os inconvenientes relacionados ao relacionamento pessoal dos alunos e disciplina, para que o foco do trabalho não fosse perdido. Portanto, não se trata apenas do conteúdo científico a ser trabalhado, mas também de estratégias e métodos didáticos mais gerais. Tudo isso em apenas duas aulas semanais de quarenta e cinco minutos cada. Além de todos esses problemas ocorreu a greve dos professores da rede pública de ensino do estado de São Paulo durante o primeiro bimestre de 2010. Com a paralisação das aulas, aproximadamente trinta dias, o trabalho teve que ser desenvolvido na segunda metade do primeiro semestre. Fica, portanto, evidente, que trabalhar a Ciência em seus aspectos teórico e experimental, no EM público brasileiro, é realmente um desafio.

2.2 A PROPOSTA DE TRABALHO

Para desenvolver uma estratégia de ensino voltada para uma AEI e analisar o resultado de sua aplicação em sala de aula, o experimento escolhido deveria favorecer a abordagem de conteúdos previamente programados para o ano letivo. Como já citado anteriormente, trabalhamos com a construção de um termômetro de coluna líquida, cuja proposta experimental foi selecionada do *Caderno de Física* (CF) do 2º ano do EM, volume 1, que é o material fornecido para os professores e alunos do EM pelo Governo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO (Estado), 2009, Caderno do Professor; SÃO PAULO (Estado), 2010, Caderno do Aluno). Esta situação de aprendizagem é proposta pelo CF através de um roteiro do tipo estruturado (conforme figura 1). Os resultados obtidos da aplicação deste roteiro e os problemas observados em seu conteúdo foi o que motivaram a elaboração de um guia experimental mais aberto e completo para esta atividade (OLIVEIRA; SOUZA, 2011).

Figura 1 - Roteiro experimental “Construindo um Termômetro” proposto pelo Caderno de Física do 2º ano do EM, vol. 1.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 CONSTRUINDO UM TERMÔMETRO

Ao assar um bolo, precisamos saber a temperatura do forno. Da mesma forma, para armazenar alimentos perecíveis em um supermercado, é preciso controlar a temperatura do balcão refrigerado.

Também precisamos saber a temperatura de nosso corpo para saber se estamos com febre. Ou seja, em diversas situações de nossa vida é preciso que saibamos a temperatura de alguma “coisa”. Assim, antes de começar esta atividade, tente listar três dessas situações.



© S. T. Yap/Corbis/Latinstock



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Como se realiza a medida de temperatura? Como os termômetros funcionam? Para responder a essas perguntas e aprofundar a compreensão acerca do conceito de temperatura e as propriedades térmicas de diferentes materiais, você vai construir um termômetro caseiro. Organize o material e siga as instruções para construir seu termômetro.

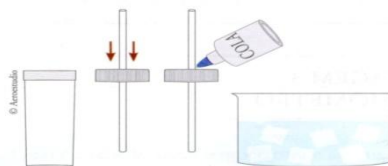
Materiais

- pote plástico transparente para guardar filme fotográfico (ou de remédio mas com tampa que vede bem);
- tubo transparente (ou tubo capilar) ou cano fino de plástico (entre 2 e 4 mm de diâmetro de espessura);
- cola;
- corante para a calibração;
- álcool comum 96 °Gl;
- vasilha com água e gelo.

9

Física - 2ª série - Volume 1

Mãos à obra!

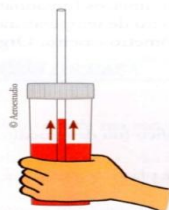


1. Na tampa do pote, faça um furo da largura do cano transparente e encaixe-o na tampa.
2. Certifique-se de que está bem vedado, passando um pouco de cola na junção entre eles.

3. Agora, encha o pote até a metade com álcool e pingue algumas gotas de corante, para deixá-lo bem colorido.
4. Feche o pote com a tampa, deixando uma das extremidades do canudo imersa no álcool.



Atenção! É preciso vedar muito bem, pois do contrário o experimento não vai funcionar!

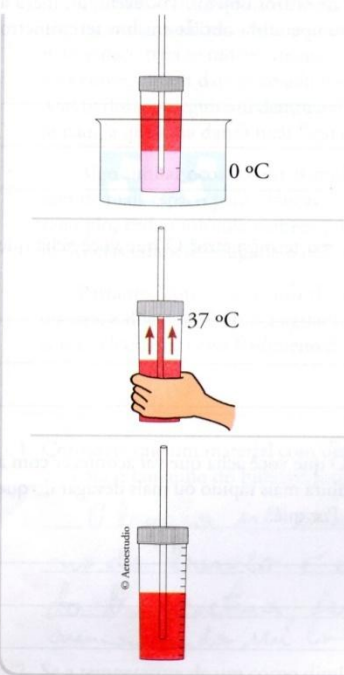


5. Segure o pote com as mãos e observe o que acontece. Você verá uma coluna de álcool subindo pelo canudo.



6. Para fazer com que a coluna de álcool desça, basta diminuir a temperatura do pote. Para isso, passe nele um algodão com álcool e assopre-o.

10



7. Você deverá calibrar seu termômetro agora. Para isso, coloque-o em uma vasilha com gelo e espere algum tempo para que se atinja o equilíbrio térmico, momento em que a altura do álcool se estabiliza. Anote a altura do álcool no tubo, que vai corresponder à temperatura de equilíbrio com o gelo fundente ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

8. Retire o termômetro da vasilha com gelo, coloque-o entre suas mãos e espere até que se atinja novamente o equilíbrio. Anote a nova altura atingida pelo álcool no tubo. Essa altura corresponderá aproximadamente à temperatura corporal ($37\text{ }^{\circ}\text{C}$).

9. Por meio desse procedimento, você pode construir uma escala para o seu termômetro, já que conhece dois pontos no tubo associados a duas temperaturas. Meça a distância correspondente ao intervalo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ e calcule, usando “regra de três”, qual distância vai corresponder a $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Faça marcas no tubo de 1 em $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, indo do $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ até onde conseguir.

Pronto!

Você acaba de construir um termômetro similar aos que são vendidos na farmácia. O funcionamento é o mesmo, o que muda é o material que foi usado para construí-lo.

Fonte: SÃO PAULO (Estado). 2010. Caderno do Aluno.

Para que o trabalho experimental se realizasse de forma articulada com a teoria, a sequência didática das situações de aprendizagem sugerida pelo CF foi alterada, conforme mostra a tabela 1, com a AE sendo inserida após o desenvolvimento dos conteúdos necessários para subsidiar os estudantes na prática investigativa. Se por um lado o conhecimento de certos conceitos de física térmica é importante para a escolha dos materiais e acessórios mais adequados para a construção do termômetro, por outro, montar, calibrar e observar o funcionamento desse aparelho pode consistir numa boa oportunidade para os alunos compreenderem melhor tais conceitos.

Tabela 1 - Sequência didática das situações de aprendizagem propostas no Caderno de Física para o 1º bimestre do 2º ano do EM.

| SEUQÊNCIA DIDÁTICA | | | |
|--|---|--|---|
| Sugerida pelo Caderno de Física (2º ano do EM, vol.1) | | Modificada para a realização da AEI | |
| Situação de Aprendizagem | | Situação de Aprendizagem | |
| 01 | Problematizando e classificando: Cadê o calor? | 01 | Problematizando e classificando: Cadê o calor? |
| 02 | Estimando temperaturas | 02 | Estimando temperaturas |
| 03 | <i>Construindo um termômetro</i> | 04 | Regulando a temperatura |
| 04 | Regulando a temperatura | 05 | Reconhecendo e procurando o calor: cadê o frio? |
| 05 | Reconhecendo e procurando o calor: cadê o frio? | 06 | Conduzindo, “convectando”, irradiando: é o calor em trânsito! |
| 06 | Conduzindo, “convectando”, irradiando: é o calor em trânsito! | 07 | Quem libera mais calor? |
| 07 | Quem libera mais calor? | 03 | <i>Construindo um termômetro</i> |
| 08 | O mais energético | 08 | O mais energético |
| 09 | As brisas | 09 | As brisas |
| 10 | Temperaturas muito, muito baixas | 10 | Temperaturas muito, muito baixas |
| 11 | Multinacionais x ONGs: um confronto... de ideias! | 11 | Multinacionais x ONGs: um confronto... de ideias! |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A estratégia para abordar a AEI com os estudantes foi orientada pelos aspectos do trabalho investigativo, apontados por Carrascosa et al. (2006), e também pelos seguintes critérios:

- Despertar a motivação;
- Contextualizar o conteúdo;
- Valorizar a interação social na sala de aula;
- Conceber o aluno como sujeito ativo no processo de ensino-aprendizagem;
- Aproximar o estudante do trabalho científico;
- Explorar aspectos da história da Ciência e da relação entre Ciência e Tecnologia (CT).

Considerando estes critérios, a atividade foi desenvolvida em cinco momentos descritos a seguir.

i. Contextualização

Nesta primeira etapa, foram apresentados aos alunos a importância da construção e do aperfeiçoamento dos termômetros no meio científico, sua utilidade para a sociedade e também o funcionamento desses aparelhos. Para que houvesse um envolvimento maior, na tentativa de fazer os estudantes manifestarem aquilo que já sabiam sobre os termômetros e a medida de temperatura, foram feitas diversas perguntas tais como: “*Vocês já usaram um termômetro?*”, “*Com que finalidade?*”, “*Que tipos de termômetros vocês já viram?*”, “*Por que é importante medir a temperatura?*”, “*Vocês saberiam dizer quando o primeiro termômetro foi construído?*”, “*Que fatores motivaram a construção desse aparelho?*”, “*Como funcionam os termômetros de coluna líquida?*”.

Questões como essas não só ajudaram na contextualização da atividade como também serviram para instigar o envolvimento e a participação dos estudantes no debate, gerando uma motivação inicial, imprescindível para o engajamento dos alunos na atividade. Como muitas informações a esse respeito eram desconhecidas pelos estudantes, encerramos essa primeira etapa sistematizando as ideias discutidas e apresentando outras informações que pudessem contribuir para motivá-los.

ii. Provocação

Assim como em qualquer outra estratégia de ensino, a contribuição da atividade experimental para a aprendizagem dependerá, em parte, do quanto os alunos estão motivados e interessados dentro da sala de aula. Nesse sentido é importante que o experimento a ser proposto apresente um “*formato cativante*”, de modo que seja potencialmente motivador (LABURÚ, 2006).

Para satisfazer essa demanda apresentamos o experimento aos alunos como um desafio. Discutimos com eles sobre a possibilidade de se construir, em sala de aula, com materiais de baixo custo e facilmente encontrados no comércio ou em casa, um termômetro de coluna líquida que permitisse medir a temperatura ambiente, por exemplo, de maneira semelhante a um termômetro comercial.

Nesse momento, a turma foi organizada e dividida em grupos menores, de acordo com a afinidade entre eles, para debater a construção de um termômetro dessa natureza e esquematizar sua montagem. Para isso foram consideradas as partes de um termômetro de

coluna líquida, ou seja, o bulbo, o tubo capilar, a substância termométrica e a escala termométrica.

Em seguida, cada grupo apresentou aos demais colegas sua proposta discriminando os materiais a serem utilizados e as etapas da montagem.

Uma vez feita a provocação, o próximo passo foi sistematizar um pouco mais a atividade, mas tomando o cuidado para que ela não perdesse seu caráter motivador.

iii. Planejamento

Após a exposição dos esquemas prévios da construção do termômetro pelos estudantes, apresentamos a eles nossa proposta experimental (ver Apêndice A). Esta contém apenas aspectos gerais do experimento, já que os detalhes teóricos e procedimentais fariam parte do trabalho de investigação dos alunos. Além dos conceitos envolvidos nesse contexto, discutimos e apresentamos os diversos materiais que poderiam ser utilizados na construção do termômetro. A escolha dos materiais, as etapas e todo o planejamento da montagem ficaram a cargo de cada grupo, caso contrário a proposta consistiria em uma “*receita de bolo*”.

Como era fundamental que a motivação gerada pelo caráter desafiador da atividade perdurasse nas etapas subsequentes, as quais exigiriam maior esforço intelectual para resolução de problemas que certamente apareceriam durante a experimentação, procuramos instigar os estudantes com questionamentos do tipo: “*Que fatores influenciam no funcionamento de um termômetro de coluna líquida?*”, “*Que intervalo de temperatura esse termômetro pode registrar?*”, “*Qual(ais) líquido(s) pode(m) ser utilizados como substância termométrica?*”, “*Quanto o líquido deve se expandir no interior do tubo capilar?*”, “*Qual deve ser a capacidade do frasco, que fará o papel de bulbo do termômetro, para que o líquido não entorne pelo tubo capilar e impossibilite a construção da escala?*”, “*Qual deve ser o procedimento para a construção da escala?*”, etc.

Nessa etapa, conduzimos a atividade orientando o trabalho nos grupos e dando suporte às investigações dos alunos, mas sem interferir diretamente nas escolhas e decisões do grupo.

iv. Realização

Uma vez estudada e debatida a construção do termômetro, cada grupo decidiu quais materiais iriam utilizar e saiu em busca destes para dar início à montagem do aparelho.

Apesar do estudo prévio sobre o comportamento térmico das substâncias e das discussões e orientações durante as etapas anteriores a essa, já era previsto que alguns grupos tomassem decisões e fizessem escolhas equivocadas. Mesmo assim, deixamos que cada grupo construísse o seu termômetro de acordo com o planejamento que fizeram. Por uma questão de tempo, propusemos que a montagem do equipamento fosse feita fora do horário de aula, sendo este utilizado para discussões e para a calibração do termômetro.

Os grupos que não conseguiram construir adequadamente os termômetros tiveram que, assistidos pelo professor, debater as dificuldades, buscar soluções para os problemas identificados e, com isso, replanejar a construção do dispositivo promovendo as melhorias necessárias para o seu funcionamento.

Após a calibração do termômetro, os alunos fizeram algumas medidas de temperatura com os respectivos aparelhos e compararam com as temperaturas obtidas com um termômetro comercial. Essa comparação possibilitou a discussão sobre a precisão e as limitações do termômetro que construíram.

v. Fechamento

Encerramos a atividade por meio de uma explanação sistematizada onde retomamos os conceitos envolvidos no desenvolvimento do trabalho, assim como as dificuldades e as soluções encontradas pelos estudantes para os problemas que surgiram durante a sua realização. Essa discussão nos permitiu explicitar aos alunos algumas habilidades que eles conseguiram desenvolver durante a atividade. Também discutimos como a construção dos termômetros comerciais evoluiu no decorrer dos anos, para que os alunos percebessem que as dificuldades enfrentadas pelos cientistas e inventores se assemelham, em parte, às suas ao construírem o termômetro. Além disso, procuramos chamar a atenção dos estudantes para a relação existente entre Ciência (conceitos, leis e teorias) e Tecnologia (construção e desenvolvimento de instrumentos, aparelhos, etc.) e como o desenvolvimento de ambas está diretamente correlacionado.

2.3 AVALIAÇÕES

Após a exposição, propusemos algumas questões aos alunos, as quais foram resolvidas em sala de aula, e também a elaboração de um relatório como tarefa de casa. Ambas as atividades foram realizadas em grupo e consistiram em meios para a avaliação da aprendizagem dos estudantes. Outra ferramenta utilizada para analisar a evolução e a aprendizagem de cada grupo de estudantes durante as atividades, foi a elaboração de diários detalhados feitos pelo professor após o encerramento de cada aula. A fim de conhecer a impressão deixada por esta proposta de trabalho nos aprendizes, solicitamos que eles respondessem um questionário de opinião.

No próximo capítulo discorreremos com detalhes sobre a aplicação de cada uma das etapas desta proposta.

CAPÍTULO 3

APLICAÇÃO DA PROPOSTA

A aplicação da presente proposta aconteceu no período de 10/06/2010 a 08/07/2010. De acordo com o planejamento inicial, esperava-se que o trabalho fosse desenvolvido em oito aulas. Contudo, algumas variáveis, nas quais o professor não tinha controle, acabaram comprometendo essa previsão.

A principal delas consistiu no tempo necessário para organizar os alunos na sala de aula. Como as duas aulas de Física nesta classe (2º ano D) eram as primeiras, perdia-se de quinze a vinte minutos para o início das atividades, pois muitos alunos chegavam atrasados. Também não se pode deixar de mencionar a inexperiência dos estudantes e do próprio professor-mestrando com as práticas investigativas. Devido a esses e outros fatores foram necessárias quatorze aulas para o desenvolvimento do trabalho.

Considerando o referencial teórico vigotskiniano adotado, o professor esforçou-se, durante a aplicação da proposta, para transformar a sala de aula num ambiente favorável às interações e à negociação de significados, que possibilitasse aos aprendizes uma participação mais ativa no complexo processo de ensino-aprendizagem. Para tanto, valorizou-se o trabalho em grupo¹², sendo parte da atividade realizada no grande grupo (interação professor-classe) e parte em pequenos grupos (interação aluno-aluno, mediada pelo professor). Inicialmente, o docente desejava que os grupos pequenos fossem constituídos por quatro integrantes. Contudo, devido ao desentendimento entre alguns alunos e para que houvesse a exploração do trabalho em equipe, a formação dos grupos foi deixada a cargo dos alunos, o que fez com que o número de estudantes por grupo fosse bem variado, havendo desde duplas a quintetos. Como essa desigualdade no contingente de estudantes dos grupos poderia empobrecer o debate e o confronto de ideias naqueles grupos menores, procurou-se - respeitando a afinidade entre eles - remanejar alguns deles para que houvesse uma distribuição mais uniforme do número de alunos por grupo. Por fim, a melhor distribuição encontrada foi a formação de seis grupos com cinco e um com quatro integrantes.

¹² De acordo com Reig e Gradoli (1998), não é Vigotski que formula a importância dessa forma de trabalhar, mas o papel da imitação dentro da sua teoria serve como justificativa teórica das atividades realizadas em grupo, visto que estas podem favorecer, mediante o contato com outras pessoas, a aprendizagem que, por sua vez, estimula o amadurecimento das funções mentais.

O trabalho em grupo também foi escolhido por proporcionar, de certa forma, um paralelo entre a atividade escolar realizada pelos estudantes e a atividade científica realizada pelos cientistas. Ao contrário do que muitas pessoas acreditam, os conhecimentos científicos não são obras de gênios isolados, e sim fruto do trabalho coletivo e de intercâmbios entre diversos pesquisadores e equipes de pesquisadores. A valorização do intercâmbio de informações entre os alunos durante a atividade também foi realizada no intuito de conferir aos mesmos a realidade do mercado de trabalho em qualquer área de atuação, onde deve existir consenso, liderança e profissionalismo.

Antes de iniciar as atividades, os alunos foram orientados sobre a importância da participação efetiva de cada um deles no trabalho em grupo e avisados de que essa participação seria acompanhada e avaliada pelo professor em cada aula. Para essa tarefa elaborou-se uma *ficha de acompanhamento dos alunos na atividade* (ver Apêndice B). Por meio dessa ficha era possível verificar se cada aluno estava se envolvendo com a atividade, se havia comprometimento, se as discussões no grupo eram democráticas, a postura e o desempenho desses estudantes em cada aula. Dessa forma, quando havia um ou mais alunos que não estava(m) correspondendo, ele(s) era(m) indagado(s) sobre essa situação e instigado(s) a participar das atividades do grupo.

Além de acompanhar o trabalho dos estudantes, o professor mediou as interações não só entre os aprendizes, mas também entre eles e a própria atividade proposta e entre os seus saberes prévios com o conhecimento reconhecido cientificamente, assim como procurou norteá-los quando os pensamentos deles se distanciavam daquilo que era esperado em cada tarefa e aceito no contexto da disciplina.

Passar-se-á agora a relatar cada etapa do desenvolvimento da proposta. As informações apresentadas foram extraídas do *diário de atividades* elaborado aula a aula, pelo professor, durante a realização do trabalho.

3.1 ETAPAS DA APLICAÇÃO DA PROPOSTA

3.1.1 Primeira etapa: Contextualização

Com a intenção de contextualizar e despertar o interesse dos alunos pelo conteúdo a ser tratado na AEI, esta primeira etapa foi conduzida, no grande grupo, primeiramente por meio de alguns questionamentos iniciais e posteriormente por uma discussão sobre o funcionamento dos termômetros (em especial os de coluna líquida), sua importância para os diversos segmentos da sociedade (ciência, medicina, indústria, uso doméstico, etc.) e o contexto histórico do seu aparecimento e desenvolvimento.

A seguir serão apresentadas as questões que foram dirigidas aos estudantes acompanhadas de comentários sobre a participação deles nesse momento provocativo:

- *“Vocês já usaram um termômetro? Com que finalidade?”*

Comentário: Apesar de ser um instrumento muito comum nos dias de hoje, havia na sala cinco alunos que disseram nunca ter usado um termômetro, embora já tivessem visto. A maioria dos estudantes que utilizaram, disseram ter utilizado para medir a temperatura do próprio corpo ou do corpo de outra pessoa. Apenas três alunos disseram ter utilizado este aparelho com outra finalidade: dois para medir a temperatura ambiente e outro usou na empresa em que trabalha para medir a temperatura de uma fornalha.

- *“Que tipos de termômetros vocês já viram?”*

Comentário: A maioria dos alunos disse conhecer o termômetro de coluna líquida (álcool e/ou mercúrio). Alguns disseram também conhecer o termômetro digital. Uma aluna comentou ter visto um termômetro de máxima e mínima e outro declarou ter usado um pirômetro óptico na fábrica em que é funcionário.

- *“Por que é importante medir a temperatura?”*

Comentário: Boa parte dos estudantes respondeu esta questão pensando apenas no termômetro clínico, pois disseram que era para saber se a pessoa estava ou não com febre. O professor aproveitou para comentar sobre a importância de se medir e controlar a temperatura nas indústrias, nos laboratórios e até mesmo em algumas atividades domésticas.

- *“Vocês saberiam dizer quando o primeiro termômetro foi construído?”*

Comentário: Apesar de palpitem bastante, ninguém soube responder essa pergunta. Foi necessário socializar com eles essa informação.

- “*Que fatores motivaram a construção desse aparelho?*”

Comentário: Nessa questão a participação dos estudantes foi mais tímida, mas alguns chegaram a falar a respeito da ineficiência do tato para avaliar a temperatura dos corpos. Teve aluno que também comentou, por exemplo, sobre o fato de não podermos colocar a mão dentro de uma fornalha para avaliar o quanto ela está quente. O professor aproveitou para fazer alguns comentários adicionais às falas dos estudantes, que posteriormente foram aprofundados. No entanto, procurou deixar claro que havia muito interesse de diversos segmentos da sociedade em medir de forma quantitativa o quanto um corpo ou sistema estava quente ou frio.

- “*Como funcionam os termômetros de coluna líquida?*”

Comentário: Vários alunos comentaram que esses termômetros funcionam através da dilatação (contração) do líquido ao ser aquecido (resfriado) no interior do termômetro. Segundo um deles: “*quanto mais quente o corpo estiver mais o líquido do termômetro vai subir e quanto mais frio, mais ele vai descer*”. Num momento posterior o docente aprofundou essa discussão.

Após esses questionamentos, o professor passou a debater com os estudantes de maneira mais sistemática o surgimento dos primeiros termômetros, que foram impelidos pela necessidade do homem de obter medidas precisas da temperatura de certos sistemas. A partir da imagem do primeiro termoscópio construído por Galileu no final do século XVI, ele procurou falar sobre o contexto histórico em que o termômetro apareceu. Depois comentou sobre a evolução do aparelho até o século XX. Neste momento foi possível discutir a relação existente entre Ciência e Tecnologia e como esses dois segmentos caminham juntos no desenvolvimento da humanidade (sociedade).

Explanou também sobre a diversidade de termômetros existentes atualmente e sobre a importância da medida da temperatura para as diversas áreas como, por exemplo: a medicina, a indústria (metalúrgica, aeronáutica, cerâmica, etc.) e até mesmo para o uso doméstico. Nesse momento o docente mostrou a imagem de vários tipos de termômetros e explicou sucintamente o funcionamento de cada um. Por fim, deteve-se ao termômetro de coluna líquida, já que a proposta desta atividade era levar os alunos a construir um

termômetro dessa natureza. Discuti sobre as partes desse tipo de termômetro (bulbo, tubo capilar, substância termométrica e escala termométrica), o seu funcionamento e calibração e a construção de uma escala termométrica. Nesse momento da aula, o professor notou que os alunos se mostravam um pouco cansados, houve diminuição na participação dos estudantes e também na atenção de boa parte deles.

Considerações da primeira etapa

Sabe-se que despertar a motivação de um grupo de adolescentes para os estudos não é uma tarefa simples, no entanto é imprescindível para que eles possam aprender. O interesse dos estudantes na sala de aula é mais facilmente despertado quando eles percebem que o conteúdo tratado tem relação com o seu cotidiano.

Neste trabalho, a contextualização do conteúdo foi realizada, inicialmente, por meio de questionamentos provocativos buscando promover nos alunos uma postura mais ativa, já neste primeiro momento do trabalho. Essa estratégia se mostrou satisfatória, uma vez que a maioria dos alunos participou ativamente comentando suas experiências diárias, dando opiniões e até mesmo levantando novas questões. Mesmo aqueles que não se envolveram de forma mais efetiva (uma pequena parcela da turma) se mostraram atentos, sendo que alguns chegaram até a fazer anotações de parte da discussão.

Embora nesta fase não tenha ocorrido debate entre os alunos, essa forma de conduzir a aula através de questionamentos propiciou uma relação de interação social entre o professor e a classe, tomada como um todo, que também é considerada válida pela teoria vigotiskiana, sendo muito útil em diversas situações como na introdução (para levantamento de algumas concepções dos estudantes sobre o assunto e por favorecer a contextualização do conteúdo a ser estudado) ou na conclusão de uma atividade em sala de aula (por possibilitar o esclarecimento de dúvidas que ainda perdurem e a proposição de novas questões), por exemplo.

Uma dificuldade que se percebeu nesse momento da proposta foi que, com o tempo de aula disponível, em uma classe numerosa, como a que se trabalhou, é muito difícil que todos tenham espaço para suas manifestações. Com isso, se o professor não ficar atento, aqueles alunos mais tímidos acabam se “escondendo” para não ter que expor suas ideias perante os demais colegas. Essa situação, no entanto, pode ser amenizada se o professor

começar a dirigir perguntas diretamente a esses estudantes, mas tomando o cuidado para não inibi-los ainda mais.

Após esse primeiro momento de questionamentos, no qual os aprendizes tiveram a oportunidade de participar expondo suas ideias, foi necessária uma intervenção mais direta do docente para sistematizar essa discussão, acrescentando informações e explicitando alguns aspectos do funcionamento dos termômetros, da história do aparecimento e desenvolvimento desses aparelhos e da relação existente entre Ciência e Tecnologia. Notou-se, contudo, que durante a explanação do professor houve uma queda na motivação da turma, sendo que alguns apresentavam uma expressão de cansaço e sonolência. Situações como essa são comuns, nessa classe, em aulas que os alunos atuam de forma passiva, principalmente porque muitos vêm direto do trabalho e, portanto, já chegam cansados na escola. Isso mostra que, embora necessárias em alguns momentos da praxe na sala de aula, aulas totalmente expositivas devem ser evitadas, principalmente no ensino noturno.

3.1.2 Segunda etapa: Provocação

Para tentar recuperar a motivação inicial dos estudantes o docente propôs o seguinte desafio: “*Seria possível construir, em sala de aula, um termômetro de coluna líquida que permitisse medir a temperatura ambiente, por exemplo?*” No entanto foi feita a seguinte ressalva: “*Os materiais utilizados na construção devem ser de baixo custo e facilmente encontrados no comércio ou em casa.*”.

Depois dessa discussão, os alunos foram divididos em grupos para debater a possibilidade de se construir o termômetro e esquematizar sua montagem, levando em conta suas partes. Essa etapa foi bastante interessante, pois os alunos realmente se envolveram com a proposta, debatendo com os companheiros suas ideias e sugestões. Um grupo chegou a sugerir que os termômetros projetados fossem construídos de fato (eles ainda não sabiam que isso aconteceria posteriormente). A preocupação deles com a aparência do termômetro chamou a atenção do professor. Eles procuravam pensar em materiais simples do dia a dia, mas que permitissem a montagem de um aparelho que ficasse bem parecido com aqueles termômetros clínicos de mercúrio vendidos no comércio. Isso acabou dificultando um pouco a realização da tarefa, pois esquematizar a montagem de um termômetro semelhante aos

comerciais, podendo utilizar apenas materiais de baixo custo é complicado. Por conta disso, o tempo utilizado nessa etapa foi bem maior do que o previsto.

Nessa parte do trabalho, o professor foi bastante solicitado pelos estudantes para esclarecer dúvidas ou auxiliá-los a resolver algum impasse que surgia no grupo. Nesses casos, os alunos foram orientados sem uma resposta definitiva, mas dando a eles a liberdade de escolha e decisão no miniprojeto que estavam elaborando. Embora o tempo utilizado nessa etapa da atividade tenha excedido o previsto, os envolvimento dos alunos com a tarefa e as discussões promovidas nos grupos foram bem interessantes, mesmo naqueles grupos cujos membros pouco participavam nas aulas mais convencionais. Esta etapa também foi fundamental para o resgate da motivação dos alunos.

Após a finalização dos esquemas, cada grupo apresentou para os demais sua sugestão de termômetro. Durante as apresentações dos alunos foram feitos questionamentos e apontadas as dificuldades para a execução dos respectivos esquemas experimentais propostos por eles, uma vez que praticamente todos os termômetros sugeridos eram muito difíceis de serem construídos (depois da discussão, eles também concordaram com as dificuldades apontadas)¹³. Essa etapa também foi muito interessante, pois vários alunos considerados apáticos e indisciplinados pela maioria dos professores acabaram participando, expondo e defendendo suas ideias.

Considerações da segunda etapa

Diferentemente de uma atividade experimental realizada no método tradicional de ensino, em que os alunos recebem um roteiro e começam a realizar o experimento seguindo orientações diretas, procurou-se, antes de apresentar a proposta experimental, envolvê-los em uma situação desafiadora. Com isso procurava-se manter os estudantes motivados com a atividade, incentivando-os a trabalhar em grupo e a refletir sobre o experimento (materiais que poderiam utilizar e o procedimento experimental) antes mesmo do seu início.

Acredita-se que os objetivos dessa etapa foram alcançados, pois praticamente todos os alunos participaram intensamente das discussões em seus grupos. Pode-se perceber

¹³ O Apêndice C mostra o esquema experimental elaborado por um dos grupos.

isso pela quantidade de vezes em que o professor foi solicitado para esclarecer alguma dúvida ou algum impasse - a respeito de materiais propostos e sobre os procedimentos da montagem do termômetro - que surgiam durante os debates entre os integrantes dos grupos. Isso mostra que envolver os alunos em questões ou atividades desafiadoras propicia situações capazes de promover a interação social defendida por Vigotski, ou seja, uma interação que proporciona um envolvimento ativo dos alunos, durante o intercâmbio de informações e significados, com outros colegas e com o professor que é o parceiro mais capaz na sala de aula (MOREIRA, 1999).

Esta atividade ilustra a importância de um parceiro mais experiente no debate, pois somente discutindo com o professor, durante a exposição do esquema experimental para a classe, que os estudantes tomaram consciência das dificuldades que eles teriam para construir o termômetro que estavam propondo.

Notou-se também, durante a apresentação do esquema experimental elaborado por cada grupo para os demais colegas da turma, que até mesmo aqueles alunos mais apáticos, que normalmente pouco se envolvem com as aulas, e aqueles considerados indisciplinados participaram expondo e defendendo suas ideias. Esse é um resultado muito positivo, pois expor e discutir ideias em público são habilidades muito importantes nos dias de hoje, independente da área de atuação da pessoa. No entanto, são poucas as atividades de ensino que favorecem o desenvolvimento dessa habilidade pelos estudantes, principalmente no método tradicional de ensino.

Inicialmente, acreditava-se que essas duas primeiras fases da atividade fossem realizadas em duas aulas. Contudo, por motivos já mencionados anteriormente e também pela boa participação dos estudantes através de longas discussões, elas acabaram sendo executadas em quatro aulas.

3.1.3 Terceira etapa: Planejamento

Nesse momento o professor entregou para os alunos o guia experimental que havia elaborado para a construção do termômetro com materiais alternativos (Apêndice A). No entanto, o guia apresentava uma proposta experimental mais aberta, contendo apenas

algumas orientações, sendo que as escolhas dos materiais e o procedimento de construção do termômetro ficava a cargo do grupo.

Em seguida, os alunos foram orientados sobre a relevância de se fazer um bom planejamento para a construção do termômetro. Também foi comentado sobre a importância da participação de todos nas discussões e decisões do grupo, bem como da utilização dos conceitos já aprendidos por eles, da pesquisa em livros e sites de Física e da orientação do professor (enquanto parceiro mais experiente) como base para as escolhas e decisões a serem tomadas. Como os estudantes teriam de escrever um relatório ao término da AEI, o docente sugeriu que eles anotassem tudo que fosse ocorrendo durante o trabalho: os materiais escolhidos pelo grupo, onde encontrar esses materiais, o procedimento para a construção do termômetro, as dificuldades e também as soluções encontradas para os problemas que por ventura surgissem, entre outras.

Após as orientações iniciais, os alunos formaram os grupos e começaram a planejar a construção do termômetro. Enquanto eles trabalhavam, o professor visitava os grupos para acompanhar o planejamento de cada um deles. Sem interferir diretamente nas decisões do grupo, procurava esclarecer dúvidas e fazer questionamentos que levassem os alunos a refletir um pouco mais nas escolhas que estavam fazendo (tanto de materiais quanto de procedimentos). Esperava-se que os estudantes pudessem utilizar os conceitos tratados nas aulas anteriores nesse planejamento, mas isso nem sempre foi observado.

A seguir serão relatadas as principais observações sobre o trabalho de cada grupo nesta etapa.

Grupo I

Nesse grupo apenas duas alunas se envolveram mais intensamente no planejamento da atividade. Outras duas alunas estavam distantes, conversaram sobre outros assuntos e mesmo quando o professor esteve no grupo fazendo alguns esclarecimentos, elas se mostraram apáticas quanto à atividade. Nas visitas ao grupo não se notou nenhum esforço dos alunos para usarem os conceitos de física térmica (equilíbrio térmico, condução de calor, dilatação térmica e, principalmente, a equação da expansão térmica volumétrica) trabalhados em sala de aula nas escolhas dos materiais e do procedimento a ser adotado na construção do termômetro. Os critérios adotados por eles para as escolhas feitas estavam muito mais

baseados em suas opiniões pessoais do que em uma análise criteriosa do problema. Este tipo de análise era esperado, uma vez que atividades investigativas eram inéditas para os alunos desta turma. Apesar disso, as duas alunas conseguiram apresentar uma proposta interessante para a construção do termômetro, tendo como sugestão para o bulbo um tubo de ensaio (frasco 1 da figura A.1 do Apêndice A), um canudo de refresco como tubo capilar e álcool como substância termométrica. Observou-se também que havia entre as estudantes deste grupo uma determinada pressa em terminar o planejamento, para que pudessem conversar sobre assuntos externos à escola (principalmente sobre um baile que aconteceria na cidade no final de semana seguinte).

Grupo II

Esse grupo se mostrou pouco comprometido com a atividade. Na primeira passagem pelo grupo para acompanhar o trabalho e as discussões, todos estavam preenchendo a tabela de jogos da copa do mundo de futebol. Depois de chamar a atenção dos alunos, eles se voltaram para a atividade, mas discutiram de forma muito superficial sobre os materiais e o procedimento a ser adotado na construção do termômetro. Em nenhum momento recorreram aos conceitos trabalhados em sala de aula para fundamentar suas escolhas. Ainda que o professor insistisse com eles através de questionamentos, eles se mostraram pouco interessados na atividade. Passando pelo grupo em um momento posterior, ele percebeu que os alunos estavam copiando, do caderno de outros colegas, exercícios de matemática que deveriam ser entregues na aula seguinte para o professor dessa disciplina, como trabalho. Após serem advertidos, retomaram a atividade, mas sem muita disposição. Ao término da aula eles ainda não haviam finalizado o plano experimental para a construção do termômetro.

Grupo III

Inicialmente esse grupo se mostrou bastante comprometido com a atividade. Com exceção de um aluno (que é bastante tímido) todos os demais se envolveram na discussão e no planejamento da atividade de forma efetiva, sendo que as decisões foram tomadas de forma democrática. Apesar disso, o professor não notou em nenhum momento os alunos recorrendo aos conceitos trabalhados em sala de aula para tomar as decisões quanto aos materiais a serem utilizados e o procedimento a ser adotado na construção do termômetro.

Também observou uma preocupação excessiva (e desnecessária) em projetar um termômetro parecido com os aparelhos encontrados no comércio. Sem interferir diretamente na decisão do grupo, o docente procurou orientá-los que o importante era conseguir fazer medições de temperatura com o aparelho, mas que ele não precisava ter necessariamente o formato dos termômetros comerciais, pois essa preocupação poderia gerar dificuldades na execução do experimento.

Apesar do comprometimento inicial com a atividade, notou-se que na metade da aula eles também começaram a copiar exercícios de matemática, deixando de discutir os problemas e dificuldades que apareceram no planejamento do grupo.

Grupo IV

Esse grupo pareceu um dos mais comprometidos e empolgados com a atividade. Todos os seus integrantes participaram das discussões e as decisões foram tomadas democraticamente. Por várias vezes, o professor foi chamado para esclarecer dúvidas. Esse foi um dos poucos grupos que procurou usar, ainda que apenas qualitativamente, os conceitos trabalhados nas aulas anteriores na hora de fazer a escolha dos materiais a serem utilizados na montagem do termômetro. Em relação ao bulbo, eles entenderam que não deveria ser muito grande, pois além de demorar mais para o líquido atingir o equilíbrio térmico, quanto mais líquido no bulbo maior deslocamento da coluna líquida (dilatação térmica) seria observado, o que dificultaria a construção da escala. Eles também acharam mais conveniente usar um frasco de vidro, já que – por ser melhor condutor térmico do que o plástico - o líquido se aqueceria mais rapidamente. Como uma aluna do grupo tem uma tia que trabalha no hospital, eles optaram por usar o tubo de ensaio (frasco 1 da figura A.1 do Apêndice A) como bulbo. Quanto ao tubo capilar, eles pensaram em usar um canudo de vidro, mas, discutindo entre eles, perceberam que seria muito difícil encontrá-lo no comércio da cidade. Decidiram, então, usar canudo de plástico. Com relação à substância termométrica, eles escolheram o álcool, pois, segundo eles, a dilatação anômala da água a torna menos apropriada para essa função. Eles também concluíram que o álcool tem a vantagem de se dilatar mais facilmente do que a água, demorando menos tempo na calibração do termômetro.

Grupo V

No início esse grupo surpreendeu o professor. Formado por alunos considerados indisciplinados e sem comprometimento com os estudos, inferido pelo baixo rendimento escolar dos mesmos, eles se mostraram, no entanto, bastante motivados, uma vez que o desafio de planejar a construção de um equipamento tecnológico (o termômetro) e a possibilidade de materializar, posteriormente, esse “projeto” levou-os a engajar-se com a tarefa, ou seja, passaram a despender certa energia, raramente observada anteriormente em outras atividades escolares, na sua realização. Durante as discussões sobre os materiais a serem utilizados, dois alunos chegaram até a fazer uma aposta se o tubo capilar deveria ficar aberto ou fechado, pois um deles defendia que se o tubo ficasse aberto o líquido evaporaria. O professor foi chamado, então, para esclarecer a dúvida. Procurou apenas discutir os diferentes efeitos da pressão do ar (sobre o líquido no tubo capilar) na dilatação térmica do líquido caso o tubo fosse fechado ou aberto. Após avaliarem os prós e contras dessas duas possibilidades, eles concluíram que seria mais interessante deixar mesmo o tubo aberto. Eles decidiram utilizar como bulbo uma lâmpada de lanterna de carro (apesar do alerta do professor sobre a dificuldade de se retirar o filamento dela), pois como ela é pequena o líquido atingiria o equilíbrio térmico mais rapidamente.

Apesar dessa agradável surpresa inicial, depois de algum tempo, os alunos se dispersaram e no final notou-se que eles estavam mais preocupados em copiar os exercícios de matemática, que deveriam ter sido resolvidos em casa, do que em fazer um planejamento mais cuidadoso da construção do termômetro.

Grupo VI

Esse é outro grupo que se envolveu bastante com a atividade. Todos participaram das discussões e decisões do grupo. As discussões foram bem intensas, nas quais cada aluno procurava defender suas ideias e convencer os colegas, sendo que as decisões aconteciam de forma bem democrática. Embora apenas qualitativamente, os alunos procuraram refletir sobre os conceitos trabalhados nas aulas anteriores para escolher os materiais a serem utilizados na construção do termômetro. Depois de uma divergência no grupo sobre usar um frasco de vidro ou de plástico como bulbo, o professor sugeriu que

consultassem uma tabela de condutividade térmica.¹⁴ Após a consulta eles concluíram que utilizar um frasco de vidro como bulbo seria mais apropriado, pois como o vidro é melhor condutor térmico que o plástico o tempo necessário para o termômetro entrar em equilíbrio térmico com outro sistema seria bem menor. Para eles, o frasco de vidro não poderia ter grande volume, pois além do tempo necessário para o dispositivo entrar em equilíbrio térmico com outro sistema ser maior, quanto maior o volume inicial do líquido no bulbo mais o líquido se expande ao ser aquecido, podendo, dessa forma, parte do líquido entornar pelo tubo capilar.

Formado por alunos considerados “fracos” e “medianos” (mas não indisciplinados), em relação ao desempenho escolar, esse grupo chamou a atenção pelo trabalho em equipe, respeito às opiniões dos colegas, participação democrática dos integrantes e mais ainda pela seriedade com que eles encararam a atividade do início até o término da aula. Apenas uma aluna do grupo não participou desta atividade por ter faltado à aula nesse dia.

Grupo VII

Nesse grupo o professor notou que apenas um dos integrantes estava realmente comprometido com a atividade. Pelo pouco envolvimento dos outros, ele praticamente conduziu sozinho o planejamento da atividade, enquanto os demais alunos apenas concordavam com suas sugestões. Por várias vezes o professor foi chamado no grupo por esse aluno para esclarecer dúvidas. Notou-se que, qualitativamente, ele constatou que o frasco que serviria de bulbo do termômetro não poderia ser muito grande, pois isso implicaria num volume inicial do líquido maior e, conseqüentemente, para que o líquido não entornasse ao se dilatar, seria necessária a utilização de um tubo com comprimento maior. O aluno também sugeriu aos colegas de grupo que o frasco fosse de vidro, pois para ele o calor se propaga mais facilmente através do vidro do que do plástico. Num momento posterior, ele também perguntou ao docente se eles poderiam calibrar o termômetro utilizando, como segundo ponto fixo, a ebulição da água. O professor respondeu que a princípio sim, mas que isso teria algumas implicações no experimento. Sugeriu que o grupo pensasse um pouco a respeito.

¹⁴ Este episódio ilustra muito bem o papel do professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem, pois mesmo sabendo e podendo informar os alunos sobre qual dos dois materiais (vidro ou plástico) era o melhor condutor térmico, ele apenas orienta e instiga os alunos a pesquisarem a condutividade térmica desses materiais para o esclarecimento da dúvida.

Inicialmente o grupo não conseguiu pensar na implicação dessa escolha. Então, o professor procurou instigá-los perguntando o que aconteceria se o líquido fosse aquecido até 100 °C. Após uma rápida discussão entre eles, o aluno mais interessado respondeu que a dilatação do líquido no tubo capilar seria muito maior, o que demandaria a utilização de um tubo bem mais comprido do que os canudos ilustrados na figura 2 do guia experimental (Apêndice A), para o líquido não entornar durante a calibração. Como eles estavam pensando em utilizar álcool como substância termométrica, o professor procurou alertá-los de que não seria aconselhável trabalharem com uma substância inflamável e com fogo ao mesmo tempo, já que seria necessário aquecer a água até o ponto de ebulição.

Passando pelo grupo novamente depois de algum tempo, observou-se que, enquanto aquele aluno mais interessado fazia um esquema da montagem experimental, duas alunas copiavam a tarefa de matemática e os outros dois alunos conversavam assuntos alheios à atividade.

Considerações da terceira etapa

Nesta etapa houve uma queda acentuada na participação da maioria dos alunos, determinada, certamente, por fatores externos à atividade. No grupo I, por exemplo, o interesse estava mais voltado para um evento que aconteceria na cidade no final de semana seguinte. Já no grupo II, o interesse pela copa do mundo e em copiar os exercícios de matemática foi maior do que a disposição para planejar a construção do termômetro. Aliás, copiar a tarefa de matemática foi a preocupação primeira de vários alunos da sala. Até porque a tarefa valeria nota e boa parte da sala estava com notas baixas nessa disciplina. Indagando-os sobre o fato de que eles também estavam sendo avaliados pela participação, comprometimento e desempenho na AEI proposta, esses alunos alegaram que ainda poderiam terminar o planejamento da construção do termômetro posteriormente fora do horário de aula, enquanto que, com a lista de exercícios de matemática não haveria mais essa possibilidade.

Há dois problemas muito sérios nesta postura dos alunos. Um é que alguns grupos acabaram cumprindo esta etapa do trabalho de qualquer maneira, ficando o debate de ideias e, conseqüentemente, a aprendizagem desses alunos comprometida. A outra é que copiando os exercícios de outros colegas, eles podem até ter uma boa nota no final do bimestre, mas não estarão aprendendo quase nada de matemática. Isso se deve, em boa parte,

ao fato dos estudantes associarem a aprovação (reprovação) às notas e não ao quanto eles aprenderam de fato. Situação que é reforçada em muitos sistemas de ensino.

Como, desde o início, previa-se que situações como essa poderiam acontecer, procurou-se, então, acompanhar e pontuar a participação de cada integrante no grupo em todas as etapas do trabalho. Se essa estratégia não foi suficiente para inibir esse tipo de postura durante as atividades, pelo menos ajudou a entender a dinâmica de cada grupo e identificar quem estava ou não envolvido com a atividade. Com isso o professor pode adverti-los sobre as implicações desse comportamento para o processo de aprendizagem.

Com relação ao planejamento da AEI, observou-se que os conceitos científicos trabalhados previamente pelo professor em sala de aula nem sempre foram a base do trabalho de alguns grupos. O grupo I, por exemplo, se vale das suas próprias ideias para planejar a construção do termômetro, pouco se preocupando com o resultado do experimento posteriormente. Os grupos II e III seguiram um caminho parecido. Dialogando com esses grupos, notou-se certo desinteresse de alguns alunos por esta etapa da AEI. Refletir, discutir, buscar informações em livros, revistas ou sites, estudar cuidadosamente um assunto exige dos estudantes certo esforço, certo trabalho, mas que muitos não estão habituados a desempenhar. Esses alunos se mostraram satisfeitos apenas em cumprir essa etapa, não se importando com a sua qualidade. Contudo, isso não significa que esses alunos não tenham se apropriado dos conceitos científicos trabalhados em sala de aula, pois muitas vezes um estudante, apesar de já ter elaborado mentalmente um conceito científico de forma correta, ao expressá-lo acaba se valendo de formas menos elaboradas desse conceito (FERREIRA, 2009).

Por outro lado, houve grupos que procuraram realizar o plano de construção do termômetro apoiados em conceitos científicos trabalhados em sala de aula e até mesmo discutir com o professor ou pesquisar em casos de dúvida. Os integrantes do grupo VI, por exemplo, numa situação de hesitação sobre qual material era melhor condutor térmico, vidro ou plástico, se dispuseram a pesquisar a condutibilidade térmica desses materiais, diferentemente do grupo I, que optou por usar um frasco de vidro como bulbo de forma arbitrária, sem considerar os conceitos científicos envolvidos na questão. Contudo, mesmo nesses grupos, verificamos que nenhum deles chegou a fazer uma análise quantitativa para saber, por exemplo, qual a máxima capacidade que o bulbo do termômetro poderia ter, levando em conta as dimensões do tubo capilar que estavam planejando utilizar. Toda a análise que eles fizeram foi na esfera do qualitativo. Mesmo depois de o docente ter mostrado

como eles poderiam analisar quantitativamente a melhor combinação frasco-canudo para a construção do termômetro, nenhum grupo se dispôs a fazê-lo. Alguns alunos chegaram a comentar que fazer esses cálculos era muito difícil, mesmo já tendo feito vários exercícios numéricos utilizando a equação da expansão térmica volumétrica. Em parte, essa resistência em utilizar as ferramentas matemáticas se deve às lacunas que ficaram na formação inicial de muitos deles, nessa disciplina. Nessa turma há vários alunos que ainda têm dificuldade em realizar as quatro operações fundamentais da matemática¹⁵. Por outro lado, mesmo aqueles alunos mais habilidosos em matemática não se dispuseram a utilizá-la nessa atividade.

Um aspecto muito positivo nessa etapa da AEI foi a forma como os grupos IV e VI trabalharam. Praticamente, todos os integrantes desses grupos se mostraram comprometidos com a atividade, todos apresentavam ideias e participavam das discussões, procuravam tomar as decisões de forma democrática e solicitavam o professor sempre que havia algum impasse que não conseguiam resolver. Isso mostra que esses alunos compreenderam como deve funcionar a dinâmica do trabalho em grupo e desenvolveram essa habilidade. Certamente, em outras atividades que tenham que trabalhar em grupo, quer na escola ou em outros segmentos da sociedade, esses jovens encontrarão maior facilidade. Além disso, esse resultado dá indícios de que a utilização de guias experimentais abertos é capaz de promover a interação dos alunos entre si, com o próprio material instrucional, e com o professor, favorecendo a exteriorização, a reflexão e a discussão de ideias, ou seja, o intercâmbio de significados (VIGOTSKI, 2007).

Com relação às ideias vigotskianas, vale destacar aqui a importância da participação do professor (parceiro mais experiente) nos debates estabelecidos nos grupos. Um bom exemplo pode ser observado na discussão que surgiu no grupo V sobre projetar o termômetro com tubo capilar aberto ou fechado. Enquanto o debate se dava entre iguais (alunos) os argumentos apresentados pelas duas partes do grupo, divididas entre uma e outra opção, eram bastante subjetivos sendo que qualquer decisão ali seria arbitrária. No entanto, a inclusão do professor no debate possibilitou aos estudantes alguns esclarecimentos sobre os

¹⁵ A baixa proficiência dos estudantes do Ensino Básico em Matemática e Língua Portuguesa é um problema nacional. Segundo os resultados da Prova Brasil de 2007 e a escala de proficiência estabelecida pelo Movimento Todos pela Educação, apenas 9,8% dos alunos que terminaram a 3ª série do EM aprenderam o que seria esperado em Matemática e 24,5% em Língua Portuguesa (RAMOS, 2010). Esse baixo rendimento também é percebido pelo desempenho escolar brasileiro em avaliações internacionais como o PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes). Mesmo tendo melhorado suas notas na última edição desta avaliação em 2009, as notas médias do Brasil continuam bem abaixo da média da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) (TARGINO, 2010).

diferentes efeitos da pressão do ar (sobre o líquido no tubo capilar) na dilatação térmica do líquido caso o tubo fosse fechado ou aberto. Refletindo sobre as informações apresentadas pelo docente, todos os integrantes do grupo chegaram, tendo como base argumentos científicos, ao consenso de que deixar o tubo capilar aberto era o mais apropriado para o termômetro que estavam planejando construir.

A expectativa inicial do professor era que essa etapa da AEI - por se tratar de uma tarefa de planejamento que envolve pesquisa, discussões de ideias e elaboração de um plano de ação para a realização posterior da prática - perdurasse por duas aulas. Praticamente todos os grupos conseguiram finalizar os seus respectivos projetos, para a construção de um termômetro com materiais de baixo custo, dentro do tempo previsto. A exceção foi o grupo II que, por ocupar parte do tempo preenchendo o álbum de figurinhas da copa do mundo de futebol e copiando os exercícios de matemática dos colegas, ao final da aula ainda não tinha concluído seu plano experimental, ficando incumbido de terminar em casa.

Com o plano experimental concluído, a próxima etapa consistia em construir o termômetro conforme o planejamento do grupo. Como essa atividade poderia demandar muito tempo, sugeriu-se que ela fosse realizada em dois momentos: a montagem do termômetro, fora do horário de aula e a sua calibração, no horário de aula. A princípio achava-se que seria muito difícil para os alunos realizarem a montagem do aparelho fora do horário de aula, pois boa parte deles trabalhava durante o dia, contudo eles foram unânimes em aceitar a proposta, afirmando que eles conseguiriam se reunir no final de semana.

No próximo item será descrito com detalhes esta nova etapa do trabalho.

3.1.4 Quarta etapa: Realização

Parte I

Por conveniência, esta etapa foi realizada em dois momentos, conforme mencionado anteriormente.

Na aula prevista para a calibração dos termômetros, apenas um dos sete grupos não trouxe o aparelho montado como havíamos combinado. Dos grupos que trouxeram,

percebemos que o termômetro construído por alguns grupos diferia do projeto inicial que haviam elaborado na aula anterior. No entanto, por se tratar de um trabalho investigativo, pode ser considerado absolutamente normal que haja alterações no projeto durante o desenvolvimento do trabalho prático.

Primeiramente, o professor visitou os grupos analisando cada termômetro, quais materiais haviam utilizado e como tinham realizado a montagem. Foi constatado que embora a ideia da montagem fosse a mesma, cada grupo construiu um dispositivo diferente do outro. Em seguida, mesmo supondo que a maioria não funcionaria, o docente pediu para que eles colocassem a substância termométrica no bulbo e testassem o termômetro. Apenas um deles funcionou, mas antes foi necessário reparar a vedação da junção rolha-canudo com cola epóxi.

Após os testes, o professor passou a debater com cada grupo os problemas e as dificuldades vivenciadas por eles na execução do experimento, de forma a instigá-los a buscar soluções e alternativas para os termômetros que não funcionaram. Em nenhum momento foi imposto aos aprendizes alguma alteração no procedimento de construção ou no material a ser utilizado. O professor apenas investigou os problemas juntamente com eles e discutiu algumas sugestões que foram surgindo no próprio grupo.

O professor considerou necessário discutir com os estudantes no grande grupo (classe toda), como poderia, de forma mais precisa, verificar qual a máxima capacidade que o frasco poderia ter para não comprometer a calibração dos dois pontos fixos sugeridos (fusão do gelo e a temperatura corporal humana). Para isso o professor comentou que primeiramente era importante fixar a altura (h) da parte externa do canudo e verificar o seu raio (r) para calcular, através da relação $\Delta V = \pi \cdot r^2 \cdot h$, quanto o líquido poderia se dilatar no canudo. Com essa informação, usando a relação de dilatação volumétrica $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$, mostrou como determinar a máxima capacidade que o frasco poderia ter, calculando o valor de V_0 nessa equação. Para um canudo com $h = 20$ cm (altura da parte externa ao bulbo) e $r = 0,15$ cm (raio interno do canudo), encontrou-se que a máxima capacidade do frasco para o líquido não entornar pelo canudo deveria ser de aproximadamente 34 ml. Para maiores detalhes ver o roteiro do professor em anexo (I).

Durante a discussão os alunos comentaram que fazer esses cálculos era muito complicado. No entanto, notou-se que eles conseguiram perceber a relação entre as grandezas

geométricas do tubo capilar com a capacidade do bulbo, pois em seguida essas ideias surgiram na proposta de solução para os problemas encontrados nos termômetros.

Após replanejarem a montagem experimental, os grupos se comprometeram a corrigir os problemas em seus termômetros, se eles existissem, baseados nas alternativas e soluções propostas por eles mesmos. Combinou-se para o próximo encontro a apresentação dos termômetros reformulados e a calibração dos mesmos. O professor entregou também aos alunos um guia orientando a elaboração do relatório da atividade que deveriam entregar ao terminar o trabalho (ver Apêndice D).

A seguir, apresentar-se-á o termômetro construído por cada grupo com os problemas identificados pelos estudantes, juntamente com o professor, bem como as alternativas apresentadas por eles para solucionar esses problemas.

Grupo I

a) *Primeiro termômetro* (figura 2):

Figura 2 - Termômetro construído pelo grupo I (sem a substância termométrica).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: tubo de ensaio com tampa de borracha.
- *Tubo capilar*: tubo de borrifador (de produto de limpeza).

b) Problemas identificados:

- Tubo capilar muito curto e com apenas metade do seu comprimento externo ao frasco.

Questionamento do professor: “Qual a implicação de se deixar apenas a metade desse tubo externo ao frasco?”

Resposta do grupo: “Não vai dar para construir a escala.”

- Extremidade do tubo superior fechada com cola durapoxi.

Questionamento do professor: “Por que vocês fecharam o tubo?”

Resposta do grupo: “Porque no termômetro vendido na farmácia ele é fechado.”

O docente procurou, então, discutir com o grupo a diferença entre o tubo capilar de um termômetro comercial e o que eles estavam construindo. Enquanto o termômetro comercial de mercúrio é fechado a vácuo (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006), na montagem experimental que eles estavam desenvolvendo haveria uma coluna de ar significativa sobre a coluna líquida presente no tubo. Dessa forma, estando vedada a extremidade superior do tubo, o líquido, ao se expandir, comprime essa coluna de ar aumentando sua pressão gradativamente. Esse acréscimo na pressão do ar impede que a altura da coluna líquida varie linearmente com a temperatura.

Outro questionamento do professor: “Embora seja mais interessante deixar a extremidade superior do tubo aberta, isso implica numa outra dificuldade. Vocês conseguem perceber qual é a dificuldade nesse caso?”

Resposta do grupo: Depois de discutirem um pouco uma aluna respondeu: “Se o tubo ficar aberto o álcool vai evaporar.”

O professor comentou, então, que a evaporação do álcool só afetaria significativamente o funcionamento do termômetro se este fosse utilizado por um tempo prolongado após sua calibração. Outra limitação desse instrumento é que ele só poderia ser utilizado na altitude em que foi calibrado. Mudanças de altitude exigem uma nova calibração, já que altura da coluna líquida no tubo capilar (canudo) do termômetro depende da pressão atmosférica local.

c) Proposta de solução do grupo:

- Utilizar um canudo mais comprido (20 a 25 cm de comprimento) para que a altura da parte externa do canudo fosse suficiente para a construção da escala termométrica.
- Deixar a extremidade superior do canudo aberta.

Grupo II

a) Primeiro termômetro (figura 3):

Figura 3 - Termômetro construído pelo grupo II.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: pré-forma de garrafa PET com tampa de plástico rosqueada.
- *Tubo capilar*: tubo de caneta Bic.
- *Substância termométrica*: álcool (92,8⁰ INPM) com corante.

b) Problemas identificados:

• A dilatação do líquido praticamente não era observada quando o bulbo era envolvido pela mão e, mesmo aquecendo-o com a chama de uma vela, a elevação da altura da coluna líquida no tubo era pouco visível. Para o grupo esse problema devia-se ao fato do recipiente utilizado como bulbo ser de plástico e com parede bem espessa.

Questionamento do professor: “Uma vez que vocês identificaram o problema, como poderiam resolvê-lo?”

Resposta do grupo: “Trocando o frasco de plástico por outro de vidro e também mais fino.”

Outro questionamento do professor: “Por que um frasco de vidro seria mais adequado?”

Resposta do grupo: “Porque o calor passa mais fácil pelo vidro.”

• Extremidade superior do tubo fechada com a própria tampinha da caneta. (Esse era outro problema que estava influenciando na dilatação do álcool e que eles não perceberam.)

Questionamento do professor: “Por que vocês fecharam o tubo?”

Resposta do grupo: “Pro álcool não evaporar.” (Diferentemente do grupo I, os integrantes desse grupo perceberam o problema da evaporação do líquido e procurou resolvê-lo tampando a extremidade superior do tubo. No entanto, eles não imaginavam que esse procedimento traria uma dificuldade ainda maior para o funcionamento do termômetro.)

A mesma discussão que se fez anteriormente com o grupo I, sobre tampar o tubo ou deixá-lo aberto, foi realizada com esse grupo. Essa discussão contribuiu para os alunos perceberem porque, mesmo aquecendo o bulbo com a chama de uma vela, a dilatação observada era pequena.

- Tubo capilar muito curto para o volume do bulbo.

Questionamento do professor: “Qual o problema de se utilizar um tubo curto como esse?”

Como os alunos não souberam responder, o docente passou a discutir com eles a calibração do termômetro, os pontos fixos que iriam adotar e, conseqüentemente, o intervalo de temperatura na qual a escala termométrica compreenderia. Depois de algum tempo dialogando com o grupo surgiu uma resposta: “Sei lá, mas acho que com o tubo da caneta a gente não vai ter espaço suficiente para construir a escala”, disse um aluno.

Para superar essa dificuldade o docente sugeriu que eles escolhessem um canudo e a partir das dimensões do mesmo calculassem qual o máximo volume que o frasco a ser utilizado como bulbo poderia ter para que a construção da escala não ficasse comprometida, conforme havia sido discutido anteriormente no grande grupo. Verificou-se, posteriormente, que eles não se dispuseram a fazer esse cálculo, mesmo assim conseguiram pensar numa boa combinação canudo-frasco para resolver o problema.

c) Proposta de solução do grupo:

- Substituir o frasco de plástico por um tubo de ensaio de vidro - como o mostrado na figura 1 do guia experimental do aluno (Apêndice A). O professor perguntou como eles conseguiriam arranjar esse tubo de ensaio, um dos alunos disse que a mãe dele trabalhava num posto de saúde e arrumaria.

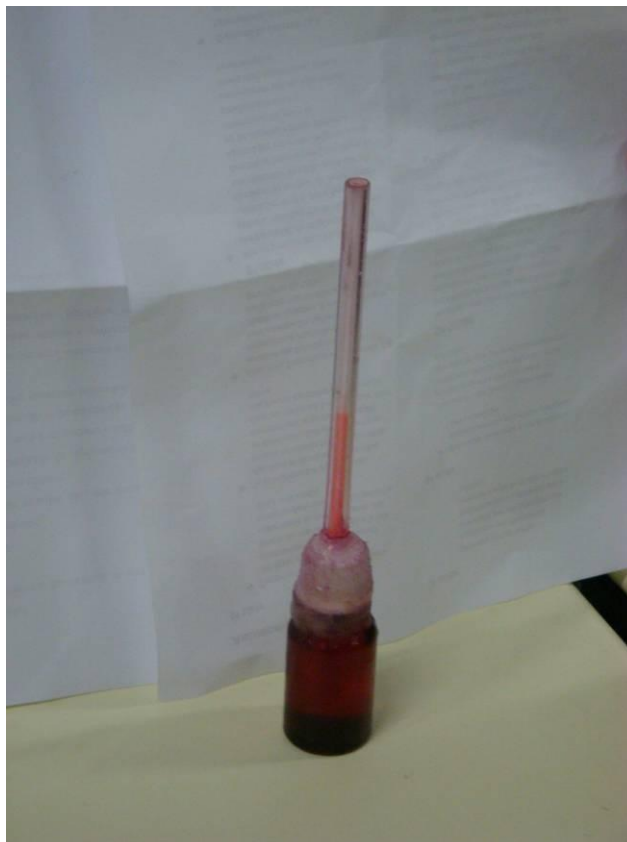
- Utilizar um tubo mais comprido (20 a 25 cm de comprimento) e deixar a sua extremidade superior aberta.

A participação desse grupo surpreendeu o professor nessa fase da atividade, pois na etapa anterior eles pouco se envolveram com o trabalho, estando mais preocupados em preencher a tabela da copa do mundo de futebol e copiar os exercícios de matemática.

Grupo III

a) *Primeiro termômetro* (figura 4):

Figura 4 - Termômetro construído pelo grupo III.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: Frasco de remédio (de vidro) com tampa de plástico rosqueada.
- *Tubo capilar*: Canudo de refresco envolvido por um tubo de caneta Bic.
- *Substância termométrica*: álcool (92,8^o INPM) com corante.

b) *Problemas identificados*:

• Apesar da vedação com cola de silicone, quando o bulbo era aquecido, o líquido (álcool) vazava tanto pela junção canudo-tampa quanto pela junção tampa-frasco. Por essa razão a elevação da altura da coluna líquida no tubo não era observada.

Questionamento do professor: “Como vocês podem solucionar esse problema?”

Resposta do grupo: “Podemos passar mais cola pra ver se para de vaziar.”

O docente sugeriu que eles, primeiro limpassem a tampa, retirando a cola que ali estava para depois fazer uma nova vedação. Caso o vazamento persistisse, a ideia era testarem outra cola como a Araldite 10 minutos, por exemplo.

- Tubo capilar (canudo de refresco) envolvido por um tubo com diâmetro maior (tubo de caneta Bic).

Questionamento do professor: “Por que vocês envolveram o canudo de refresco com um tubo de caneta?”

Resposta do grupo: “Como o canudo de refresco é muito flexível, o tubo da caneta protege ele. Com isso ele fica mais reto e também é mais fácil construir a escala no tubo de caneta do que direto no canudinho.”

Outro questionamento do professor: “Mas esse procedimento traz alguns problemas para o experimento, vocês conseguem perceber? Pensem um pouco.”

Resposta do grupo: “Não”, responderam depois de debater um pouco o assunto.

Então, o professor procurou discutir com eles que esse procedimento apresentava, pelo menos, duas desvantagens: primeiro, dificultaria uma marcação mais precisa dos pontos fixos durante a calibração do termômetro, devido à paralaxe; segundo, a altura do tubo capilar (canudo de refresco) ficaria limitada ao comprimento do tubo da caneta Bic, a qual poderia ser insuficiente para a construção da escala termométrica, dependendo da capacidade do frasco.

- A considerável espessura da parede do frasco de vidro.

Questionamento do professor: “A parede do frasco de vidro, utilizado como bulbo, tem uma espessura considerável. Isso pode influenciar no funcionamento do termômetro?”

Resposta do grupo: “Se o vidro for mais fino o líquido vai esquentar mais rápido.”

Ele sugeriu que o grupo pensasse nisso ao refazer o experimento.

c) Proposta de solução do grupo:

- Rever a vedação da tampa do frasco.
- Usar apenas o canudo de refresco (ou similar) como tubo capilar, excluindo o tubo de caneta Bic da montagem. Além de deixar um comprimento maior do canudo externo ao frasco, para não comprometer a calibração do termômetro.
- Procurar outro frasco de vidro com parede mais fina para servir de bulbo.

Grupo IV

a) Primeiro termômetro (figura 5):

Figura 5 - Termômetro construído pelo grupo IV.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: Frasco de plástico utilizado para guardar palitos de dente.
- *Tubo capilar*: “Pulseira de neon” vazia (muito comum em “baladas”).
- *Substância termométrica*: álcool (92,8⁰ INPM) com corante.

b) Problemas identificados:

- Quando o conjunto tampa-canudo era rosqueado no frasco, o líquido não subia pelo tubo para formar a coluna líquida.

Questionamento do professor: “Por que não se forma a coluna líquida no tubo?”

Resposta do grupo: “A gente acha que é porque a parte cônica da tampa fica sem álcool, ou seja, essa parte da tampa fica cheia de ar.”

Outro questionamento do professor: “Como assim? Expliquem melhor isso.”

Resposta do grupo: “O frasco fica até a boca com álcool, quando colocamos a tampa com o canudo o álcool se desloca, mas ao invés dessa quantidade deslocada subir no canudo ela acaba ocupando a parte cônica da tampa. Por isso o líquido não sobe no canudo.”

- Ao ser aquecido, o líquido expandia, mas vazava pela junção tampa-frasco. Assim, não era possível observar sua elevação pelo canudo.

Questionamento do professor: “Por que há vazamento quando o líquido é aquecido?”

Resposta do grupo: “Porque a tampa fica folgada no frasco.”

Outro questionamento do professor: “Como vocês podem solucionar esse problema?”

Resposta do grupo: “Passando cola na tampa.”

O docente comentou com o grupo que o uso de cola não seria muito adequado nesse caso, pois a tampa ficaria permanentemente fixa no frasco. Utilizar fita veda rosca seria

mais apropriado, visto que, além de impedir o vazamento do líquido, a tampa poderia ser retirada e colocada no frasco sempre que necessário.

- Utilizando um recipiente de plástico como bulbo, o tempo para o termômetro entrar em equilíbrio térmico com um sistema seria bem maior.

Questionamento do professor: “Por que, utilizando um recipiente de plástico como bulbo, o tempo para o termômetro entrar em equilíbrio térmico com outro sistema seria bem maior?”

Resposta do grupo: “Porque o plástico é mau condutor de calor.”

- Há a possibilidade de o líquido entornar pela extremidade superior do canudo durante a calibração, pois as dimensões do canudo não parecem compatíveis com a quantidade de líquido contido no frasco.

Questionamento do professor: “Por que vocês acreditam que as dimensões do canudo não são compatíveis com a quantidade de líquido no recipiente? Vocês fizeram algum cálculo para chegar a essa conclusão?”

Resposta do grupo: “Não precisa fazer cálculo, pelo que o senhor explicou sobre dilatação, da para perceber que o líquido vai derramar pelo tubo.”

Outro questionamento do professor: “Se vocês tinham essa convicção, por que optaram por este frasco?”

Resposta do grupo: “Como a tampa do frasco já é furada, achamos mais fácil construir o termômetro com ele, mas agora vimos que não vai dar certo.”

Curiosamente esses alunos acabaram construindo um termômetro bem diferente do que eles haviam planejado na etapa anterior. As considerações feitas pelo grupo sobre os materiais e o procedimento de montagem do termômetro não foram levados em consideração na hora da montagem experimental.

Na ocasião, eles haviam discutido que o bulbo deveria ser um frasco de vidro, por ser melhor condutor térmico que o plástico. Também tinham comentado que o frasco deveria ter uma capacidade pequena, caso contrário demoraria muito tempo para o termômetro entrar em equilíbrio térmico com outro sistema. E ainda teria o fato da dilatação térmica do líquido depender diretamente do seu volume inicial, assim quanto maior o volume do frasco (volume inicial do líquido) maior a chance da calibração do termômetro ficar comprometida (dependendo, é claro, das dimensões do canudo).

O professor questionou o porquê deles não construírem o termômetro conforme haviam planejado anteriormente. Eles responderam: “É que achamos mais fácil testar esse frasco porque ele já vem furado e o diâmetro do furo dá certinho com o tubo que encontramos.” Em seguida acrescentaram: “Mas já providenciamos outro frasco para construir outro termômetro conforme a gente planejou.” Como tinham mais dois recipientes sobre a mesa (ver figura 5), o docente perguntou qual dos dois eles iriam utilizar como bulbo na construção do novo termômetro, eles disseram: “o menor de vidro, pois o outro é de plástico, é muito grosso e é muito grande.”

c) Proposta de solução do grupo:

- Substituir o frasco de plástico (paliteiro) pelo tubo de ensaio de vidro - como o mostrado na figura 5 (tubo menor).
- Atentar para a vedação do termômetro.

Grupo V

Este foi o único grupo que não construiu o termômetro. Embora nesse grupo houvesse alguns alunos pouco comprometidos com as atividades escolares, pela discussão que protagonizaram na aula anterior, criou-se uma boa expectativa em relação à construção do termômetro feita por eles. Questionando o grupo sobre o fato de não terem realizado essa etapa da atividade, eles disseram que encontraram dificuldade em localizar os materiais sugeridos na aula anterior para a montagem experimental. Contudo, o grupo se comprometeu em construir e apresentar o termômetro na aula seguinte. O professor sugeriu que, se eles não encontrassem os materiais que pretendiam usar, que procurassem por materiais alternativos.

Grupo VI

a) *Primeiro termômetro* (figura 6):

Figura 6 - Termômetro construído pelo grupo VI.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: frasco plástico de perfume.
- *Tubo capilar*: canudo de refresco.
- *Substância termométrica*: álcool (92,8^o INPM) com corante.

b) *Problemas identificados*:

- Bulbo de plástico com paredes flexíveis.

Questionamento do professor: “Qual a desvantagem de se utilizar como bulbo do termômetro um recipiente de plástico?”

Resposta do grupo: “O líquido vai demorar mais pra esquentar porque o plástico não conduz bem o calor.”

Outro questionamento do professor: “Por que o fato de o recipiente ter as paredes flexíveis pode ser um problema para o experimento?”

Resposta do grupo: “Sendo fino, o líquido aquece e resfria mais rápido, só que quando seguramos o recipiente com a mão ele deforma um pouco.”

A partir dessa resposta, o professor procurou discutir com eles o fato de o problema aparecer principalmente durante a calibração do 2º ponto fixo da escala (temperatura corporal). Como para determinar esse ponto o frasco deveria ser envolvido pela mão de uma pessoa, qualquer acréscimo de força sobre o frasco acarretaria num aumento da pressão do líquido e, conseqüentemente, uma elevação na altura da coluna líquida no tubo capilar. Assim, a precisão do aparelho estaria comprometida.

- A capacidade do frasco é incompatível com as dimensões do canudo.

Questionamento do professor: “Vocês chegaram a fazer algum cálculo para saber se realmente a capacidade do frasco é incompatível com as dimensões do canudo?”

Resposta do grupo: “Não, mas esse frasco de perfume é muito grande para esse canudo. Com certeza o líquido vai derramar pelo canudo.”

O professor sugeriu que eles, mantendo as dimensões do canudo, calculassem qual deveria ser a máxima capacidade do recipiente para que a calibração do termômetro não fosse comprometida. No entanto, verificou-se depois que eles não se dispuseram a fazer esse cálculo, mas acabaram pensando numa boa combinação canudo-frasco para resolver esse problema.

- O líquido estava vazando pela tampa do frasco.

Questionamento do professor: “Vocês tentaram vedar a junção tampa-frasco?”

Resposta do grupo: “A gente passou superbonder para vedar.”

O professor comentou com eles que essa cola poderia não ser a mais adequada para esse fim. Orientou que utilizassem cola epóxi Araldite 10 minutos.

Notou-se, também, que esse foi o único grupo que não preencheu totalmente o bulbo com álcool. Embora o termômetro não estivesse funcionando, devido ao vazamento do líquido pela tampa, o professor procurou discutir com o grupo as implicações desse procedimento. Nesse caso, o volume interno do frasco passa a ter duas substâncias: álcool e ar. O ar no interior do pote contribui para que o movimento do líquido no interior do canudo transparente se torne mais acentuado quando o sistema é aquecido ou resfriado. Dessa forma, a coluna líquida pode escoar totalmente para o bulbo durante a obtenção do primeiro ponto fixo da escala (fusão do gelo) e/ou entornar pelo tubo durante a consecução do segundo ponto fixo (temperatura corporal). Ou seja, a calibração do termômetro será comprometida (OLIVEIRA; SOUZA, 2011).

Assim como o grupo IV, esse grupo também não considerou as discussões e o planejamento realizado na aula anterior para construir o termômetro. Aliás, os alunos fizeram exatamente o contrário do que haviam planejado, já que na aula anterior eles haviam concluído, consultando uma tabela de condutividade térmica, que era mais interessante utilizar como bulbo um frasco de vidro, por conduzir melhor o calor, do que um de plástico. Também consideraram que o frasco não deveria ser muito grande, pois a dilatação do líquido poderia ser maior do que o volume do tubo capilar, além de demorar mais tempo para atingir o equilíbrio térmico.

Ao serem questionados pelo motivo deles terem ignorado o planejamento inicial, eles responderam: “A gente não conseguiu encontrar um vidro pequeno, aí a *Fran*¹⁶ trouxe esse de plástico mesmo.” Conversando com os alunos percebeu-se, na verdade, que a dificuldade que eles encontraram foi porque deixaram para procurar os materiais e montar o termômetro na última hora. A montagem, por exemplo, eles realizaram na sala de aula, enquanto os outros grupos já trouxeram o termômetro montado de casa. Ao final da conversa, no entanto, eles combinaram de refazer o experimento levando em conta as considerações da aula anterior.

c) Proposta de solução do grupo:

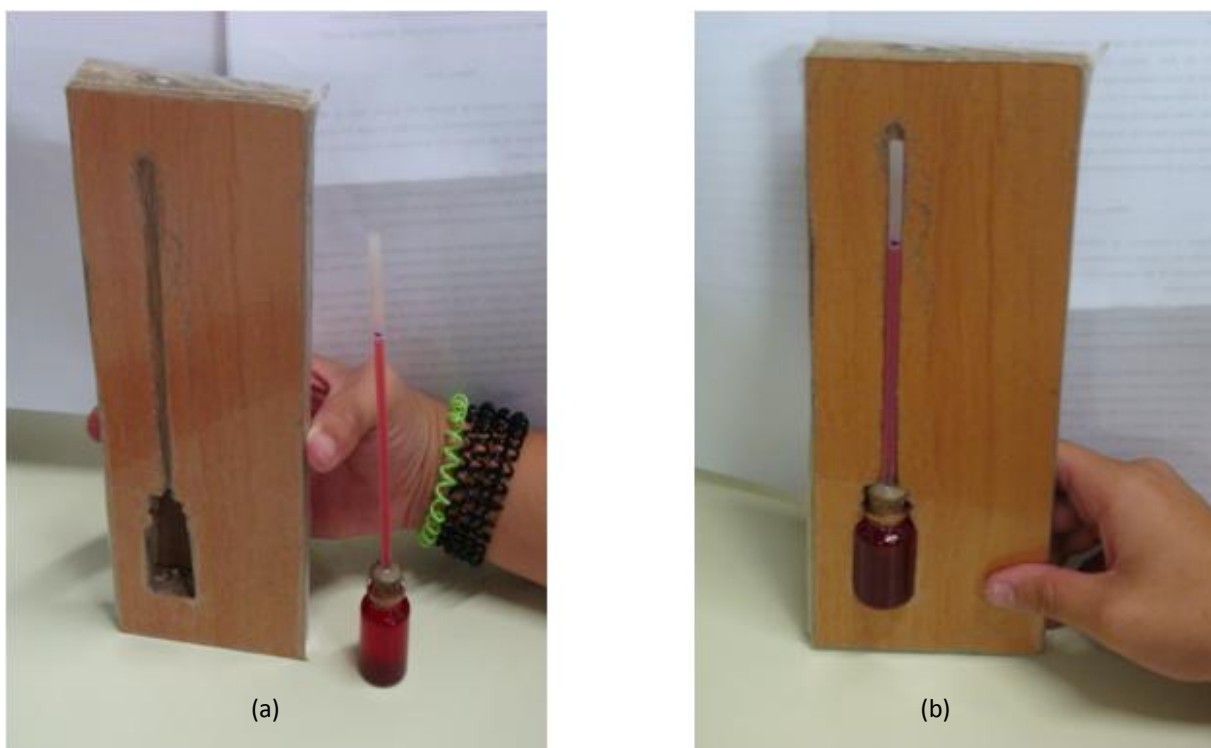
- Substituir o frasco de plástico (de perfume) por outro preferencialmente de vidro (não muito espesso) e com uma capacidade pequena, para não comprometer a escala.
- Atentar para a vedação do termômetro.

¹⁶ *Fran* é o apelido de uma das integrantes do grupo VI.

Grupo VII

a) Primeiro termômetro (figura 7):

Figura 7 - Termômetro construído pelo grupo VII. (a) Termômetro com o suporte de madeira para encaixá-lo. (b) Termômetro encaixado no suporte para que o tubo capilar permaneça aprumado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: frasco de vidro utilizado em artesanatos.
- *Tubo capilar*: Pulseira de “neon” vazia (muito comum em “baladas”).
- *Substância termométrica*: álcool (92,8⁰ INPM) com corante.

b) *Problemas identificados*:

• Esse foi o único termômetro que praticamente não apresentou problema. Como o canudo havia entrado bem justo no furo da rolha, eles não se preocuparam em vedar a junção rolha-canudo. Mesmo não tendo observado vazamento do líquido, sugeriu-se ao grupo, por garantia, passar um pouco de cola na junção.

c) Solução do grupo:

- Reforçar a vedação da junção rolha-canudo com cola epóxi Araldite (10 minutos). (Isso foi realizado na própria sala de aula.)

Diferentemente da etapa anterior, em que a atividade foi conduzida praticamente por um único aluno, nesta etapa praticamente todos no grupo se envolveram com o trabalho, dando opiniões e debatendo ideias sobre a montagem e calibração do termômetro. Observou-se, dialogando com o grupo, que a construção do termômetro contou com a participação da maioria dos integrantes. Uma demonstração do interesse dos alunos foi a ideia de construir um suporte para encaixar o termômetro (figura 7). Segundo eles, o suporte de madeira era para deixar o tubo aprumado, já que fora do suporte ele acaba ficando levemente curvado. O professor achou a ideia bem interessante!

Esse foi um dos poucos grupos que procurou seguir a risca o planejamento que havia realizado na aula anterior. Os estudantes tiveram o cuidado de procurar um frasco de vidro de pequena capacidade, uma vez que haviam concluído nas discussões da aula anterior que com um recipiente de vidro pequeno o tempo para o termômetro atingir o equilíbrio térmico com algum outro sistema seria bem menor, além de evitar que o líquido entornasse durante a calibração.

Com relação ao tubo capilar eles utilizaram, assim como o grupo IV, uma daquelas pulseiras de “neon” (que vem com um líquido colorido dentro). Ela tem a vantagem de ser transparente e mais rígida que os canudos de refresco. No entanto, seu comprimento é um pouco menor, o que implica em avaliar bem a escolha do frasco como bulbo. Mesmo não tendo feito cálculos, eles tiveram essa preocupação.

Para testar se o líquido não entornaria pela abertura superior do canudo, um dos integrantes envolveu o frasco com a mão e esperou até que o sistema álcool/mão entrasse em equilíbrio térmico. A marca azul no canudo (figura 7) mostra a posição que a coluna líquida estabilizou. Dessa forma, eles verificaram que não haveria problema com a calibração do segundo ponto fixo da escala. Como a aula estava terminando, eles se comprometeram em testar em casa a calibração do primeiro ponto fixo.

Devido aos problemas apresentados na montagem experimental e ao tempo destinado as discussões sobre as dificuldades enfrentadas pelos grupos, não foi possível finalizar a construção do termômetro nessa aula, como se pretendia inicialmente. Assim, o professor combinou que as reformulações no experimento seriam realizadas em casa, enquanto que, a calibração do termômetro e a construção da escala termométrica seriam executadas na próxima aula, onde se faria o encerramento da atividade.

Parte II

Nem todos os grupos chegaram à aula com o termômetro já montado, conforme o combinado. Dois deles deixaram para realizar a montagem na sala de aula, o que acabou retardando a finalização desta etapa do trabalho. Apenas um dos grupos não conseguiu calibrar o termômetro - justamente o grupo que não havia construído o termômetro na aula anterior - pois o líquido entornou pelo canudo quando os alunos estavam tentando obter o segundo ponto fixo da escala.

Os sete grupos atentaram à sugestão do guia experimental e calibraram o termômetro adotando como pontos fixos a temperatura do gelo fundente (1º ponto fixo) e a temperatura do corpo humano (2º ponto fixo), gastando, em média, quarenta minutos nessa tarefa. Como não se dispunha de um termômetro comercial para cada grupo conferir as temperaturas do gelo fundente e da mão da pessoa, decidiu-se, conjuntamente, que todos adotariam como valores para esses pontos 0°C e 36°C , respectivamente. O professor procurou deixar claro para os estudantes que essa aproximação introduziria mais um erro na atividade experimental, mas que, dada as condições, essa era a opção mais sensata.

Quanto à construção da escala, eles encontraram muita dificuldade. Foi necessária uma orientação mais direta por parte do professor. Assim que percebeu a dificuldade dos grupos, o professor passou a instruí-los de maneira geral. Em seguida eles já conseguiram construir as escalas nos seus termômetros. Para testar o termômetro que haviam construído sugeriu-se que eles medissem a temperatura ambiente e comparassem com o valor apresentado por um termômetro comercial. A seguir apresentar-se-á os termômetros reformulados e os resultados encontrados por cada grupo.

Grupo I

a) *Termômetro reformulado* (figura 8):

Figura 8 - Termômetro construído pelo grupo I registrando a temperatura ambiente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: tubo de ensaio de vidro com tampa de borracha.
- *Tubo capilar*: Canudo de refresco.
- *Substância termométrica*: álcool (92,8⁰ INPM) com corante.
- A junção tampa-canudo foi vedada com cola epóxi (Araldite 10 minutos).

b) *Resultados*:

A distância medida, por esse grupo, entre os dois pontos fixos da escala, correspondente a um intervalo de temperatura (ΔT) de aproximadamente 36°C, foi de 45mm.

Assim, nesse termômetro, cada mm de altura da coluna líquida no canudo correspondia a $0,8^{\circ}\text{C}$.

Para verificar a temperatura ambiente da sala de aula, sugeriu-se que eles utilizassem “regra de três”, ao invés de fazer a leitura diretamente na escala, pois além dos traços serem espessos, as divisões da escala não eram uniformes (essa sugestão foi dada posteriormente aos demais grupos). Seguindo nossa orientação, eles mediram a altura da coluna líquida quando o termômetro entrou em equilíbrio térmico com o ambiente, encontrando um valor de 27,5 mm. Multiplicando esse valor por $0,8^{\circ}\text{C}/\text{mm}$, o grupo concluiu que a temperatura da sala registrada pelo termômetro que haviam construído era de 22°C . Nesse momento o termômetro comercial que se tinha a disposição registrava $22,5^{\circ}\text{C}$. Esse resultado deixou o grupo bastante entusiasmado.

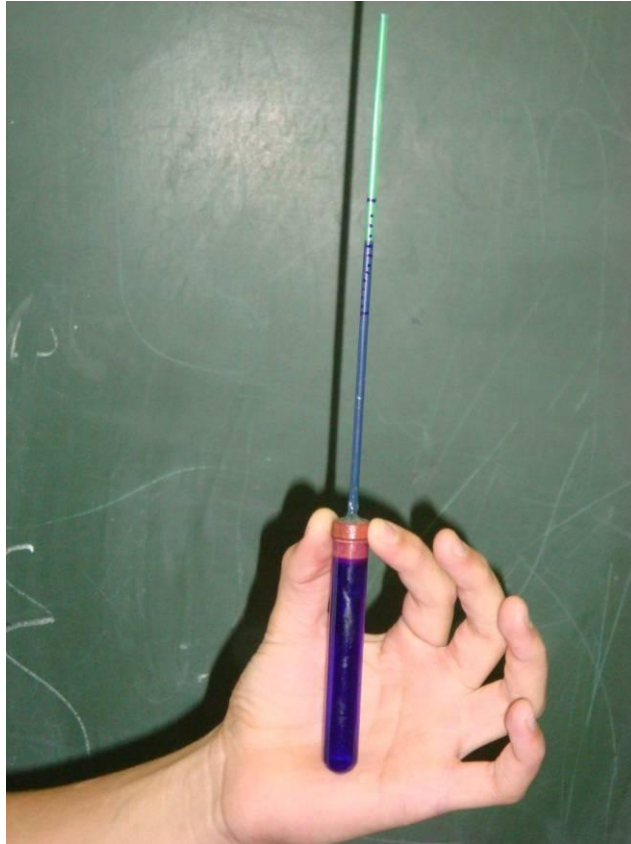
Sabe-se, contudo, que com tantas fontes de erros como, por exemplo, o erro devido à dilatação do recipiente, o erro na aferição de temperatura dos dois pontos fixos e o erro dado pela medida do comprimento (régua) da variação na coluna líquida correspondente, presentes nesse experimento, o termômetro construído apresentou uma concordância com o termômetro comercial além da esperada. Devido ao entusiasmo dos alunos essa discussão foi deixada para o final da atividade com a classe toda.

Nesse grupo a calibração do termômetro e a construção da escala termométrica fluíram muito bem. Todos os integrantes estiveram envolvidos ativamente com essa tarefa.

Grupo II

a) *Termômetro reformulado* (figura 9):

Figura 9 - Termômetro construído pelo grupo II registrando a temperatura ambiente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: tubo de ensaio de vidro com tampa de borracha.
- *Tubo capilar*: Canudo de refresco.
- *Substância termométrica*: álcool (92,8⁰ INPM) com corante.
- A junção tampa-canudo foi vedada com cola epóxi (Araldite 10 minutos).

b) *Resultados*:

Diferentemente do grupo I, esse grupo não disponibilizou, para o professor, os detalhes de como construíram a escala e obtiveram a medida da temperatura da sala de aula.

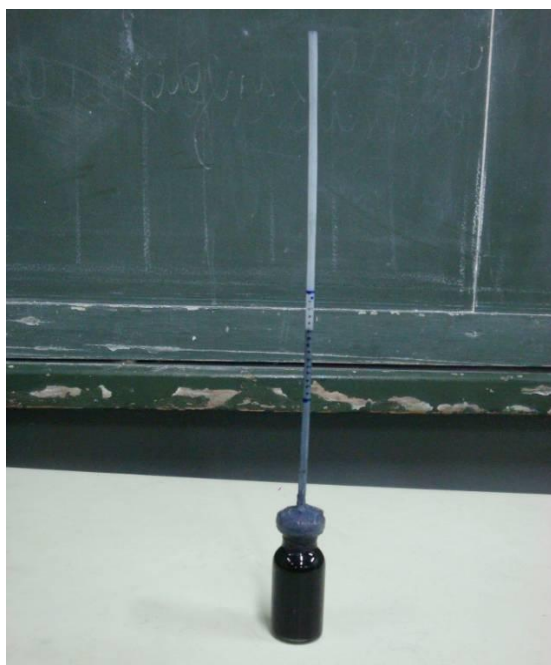
Esperava-se obtê-las do relatório da atividade, mas os alunos não entregaram o relatório. A única informação que deram foi de que, com esse termômetro, eles registraram uma temperatura ambiente de 25°C, enquanto o termômetro comercial registrava, no mesmo momento, 22,5°C. Um resultado muito bom.

Esse foi um dos últimos grupos a finalizar o experimento, pois deixaram para montar o termômetro na sala de aula e parte do grupo não se envolveu efetivamente nem durante a calibração do termômetro nem durante a construção da escala, ficando o trabalho concentrado mais em um dos integrantes. Além disso, esse grupo não entregou o relatório da atividade e foi o único grupo a não responder um dos questionários aplicados ao término da atividade.

Grupo III

a) *Termômetro reformulado* (figura 10):

Figura 10 - Termômetro construído pelo grupo III registrando a temperatura ambiente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: frasco de vidro de injeção.

- *Tubo capilar*: tubo de borrifador (de produto de limpeza).
- *Substância termométrica*: álcool (92,8^o INPM) com corante.
- A junção tampa-canudo foi vedada com cola de silicone.

b) Resultados:

Esse grupo também não forneceu os detalhes de como construíram a escala e obtiveram a medida da temperatura da sala de aula, pois, assim como o grupo II, os alunos não entregaram o relatório da atividade. Quando o docente visitou o grupo durante a atividade, eles informaram que o termômetro estava registrando uma temperatura em torno de 23°C, enquanto o termômetro comercial marcava, no mesmo momento, 22,5°C.

Assim como na aula anterior, praticamente todos os integrantes estiveram envolvidos, participando ativamente dessa tarefa. No entanto, não tiveram o mesmo comprometimento com a entrega do relatório.

Grupo IV

a) Termômetro reformulado (figura 11):

Figura 11 - (a) O termômetro construído pelo grupo IV registrando a temperatura ambiente. (b) Escala termométrica em detalhe.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: tubo de ensaio de vidro com tampa de borracha.
- *Tubo capilar*: Canudo de refresco.
- *Substância termométrica*: álcool (92,8⁰ INPM) com corante.
- A junção tampa-canudo foi vedada com cola epóxi (Araldite 10 minutos).

b) Resultados:

Esse grupo mediu, entre os dois pontos fixos da escala ($\Delta T = 36^{\circ}\text{C}$), uma distância de 20mm. Dessa forma, nesse termômetro, cada mm da coluna líquida no canudo correspondia a 1,8^oC. Assim, eles optaram por construir uma escala de 2 em 2mm, veja figura 11.

De acordo com o grupo, a altura da coluna líquida, no momento em que o termômetro entrou em equilíbrio térmico com o ambiente, era de 12mm, correspondendo, portanto, a uma temperatura de 21,6^oC. Durante a calibração o termômetro comercial registrava 23^oC.

Esse grupo foi o último a finalizar a atividade, pois a vedação da junção canudo-tampa, feita com cola epóxi, ficou com uma bolha de ar que acabou estourando e permitindo o vazamento da substância termométrica quando estavam próximos de obter o segundo ponto fixo da escala. Assim, tiveram de reparar a vedação e calibrar o termômetro novamente.

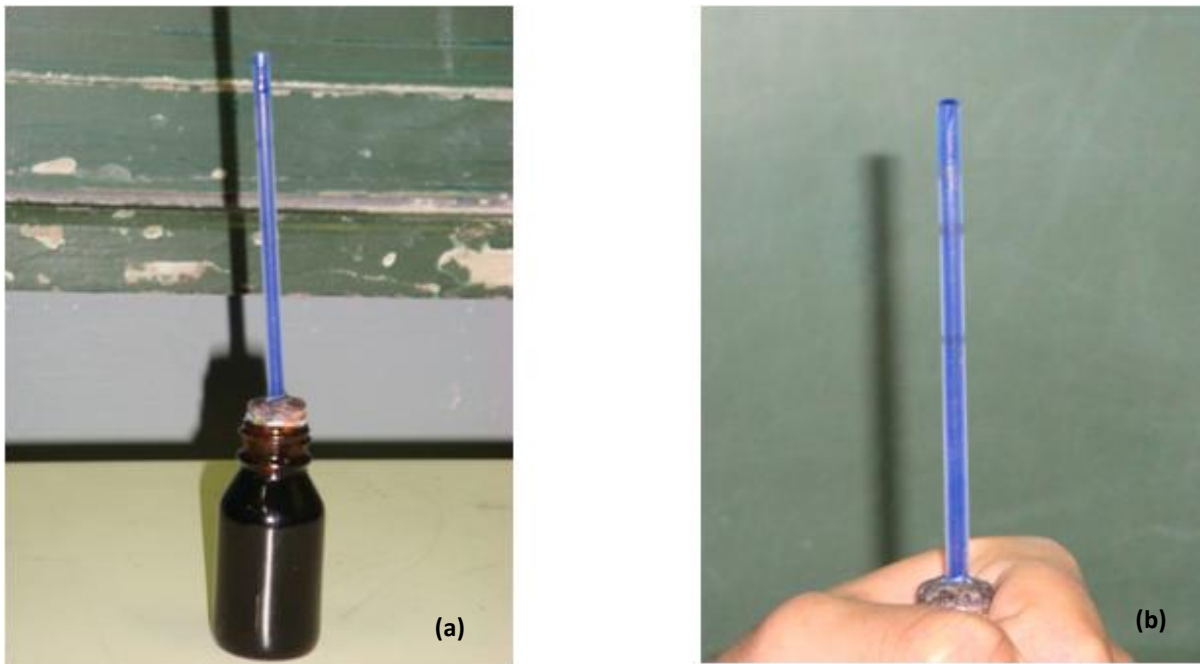
Mais uma vez esse grupo se mostrou bastante comprometido com o trabalho. Todos os integrantes participaram efetivamente dessa etapa, dando opiniões, debatendo ideias e realizando a prática.

Grupo V

a) Termômetro reformulado (figura 12):

Na verdade, o termômetro ilustrado na figura 12 é o primeiro construído por esse grupo, já que na aula anterior eles não tinham realizado a montagem experimental.

Figura 12 - (a) Termômetro construído pelo grupo V. (b) Detalhe do líquido na iminência de entornar pelo canudo durante a obtenção do segundo ponto fixo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: frasco de remédio (de vidro) tampado com rolha de cortiça.
- *Tubo capilar*: tubo de borrifador (de produto de limpeza).
- *Substância termométrica*: álcool (92,8^o INPM) com corante.
- A junção tampa-canudo foi vedada com cola epóxi (Araldite 10 minutos) e, para que a rolha entrasse mais justa no recipiente, foi encapada com fita “veda rosca”.

b) Resultados:

O termômetro construído por esse grupo foi o único que não funcionou, pois não foi possível calibrá-lo. Apesar de toda discussão das aulas anteriores e de terem acompanhado os problemas vivenciados pelos demais grupos, os alunos não atentaram para as dimensões do tubo capilar. Eles acabaram utilizando um canudo muito curto para fazer o papel de tubo capilar. Com isso, ao tentar obter o segundo ponto fixo, o líquido entornou pela extremidade superior do canudo, inviabilizando a construção da escala termométrica. Como não havia mais tempo para refazer o experimento, o professor sugeriu que eles apontassem no

relatório as dificuldades que enfrentaram na construção do termômetro e que propusessem as soluções. (Isso foi registrado por eles no relatório, mas sem muitos detalhes.)

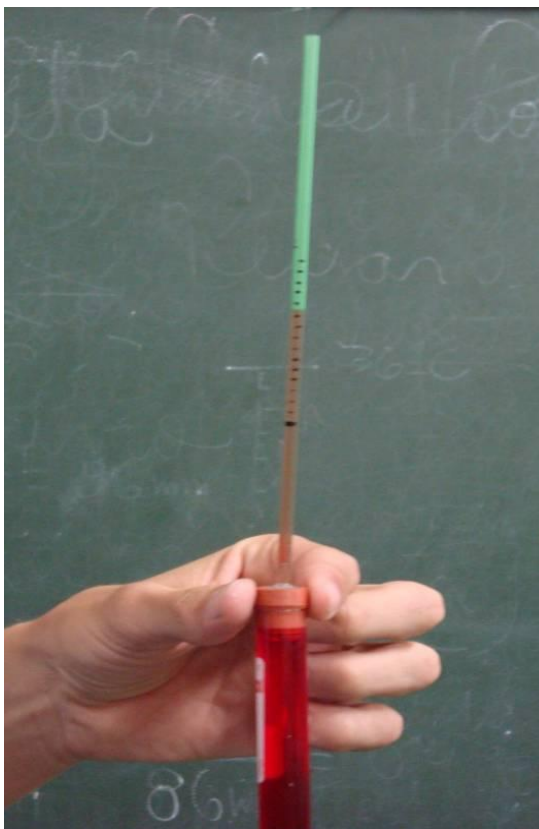
Como o grupo II, esse grupo também deixou para montar o termômetro em sala de aula, atrasando o procedimento de calibração do aparelho. Por essa razão não houve tempo suficiente para o grupo substituir o tubo e refazer a calibração.

Nessa aula o grupo teve o desfalque de dois alunos e como um terceiro integrante estava bastante alheio à atividade, essa tarefa foi conduzida por apenas dois estudantes que se mostraram mais interessados.

Grupo VI

a) *Termômetro reformulado* (figura 13):

Figura 13 - O termômetro construído pelo grupo VI registrando a temperatura ambiente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Materiais Utilizados:

- *Bulbo*: tubo de ensaio de vidro com tampa de borracha.
- *Tubo capilar*: Canudo de refresco.
- *Substância termométrica*: álcool (92,8⁰ INPM) com corante.
- A junção tampa-canudo foi vedada com cola epóxi (Araldite 10 minutos).

b) Resultados:

Assim como o grupo II e III, esse grupo também não forneceu ao professor os detalhes de como construíram a escala e obtiveram a medida da temperatura ambiente. Apesar de terem realizado um relatório da atividade, os alunos não apresentaram essas informações. Apenas informaram, durante a aula, que no termômetro que eles haviam construído a temperatura ambiente registrada foi de 23,5°C, enquanto que o termômetro comercial registrava 22,5°C.

Apesar da negligencia em relação ao registro das informações referentes ao trabalho experimental, a tarefa de calibração do termômetro e construção da escala termométrica fluiu muito bem nesse grupo. Todos os integrantes estiveram envolvidos ativamente com a atividade.

GRUPO VII

a) Termômetro reformulado (figura 14):

Como esse foi o único grupo que não teve problemas com a construção do termômetro na aula anterior, eles não precisaram fazer nenhum tipo de reparo no aparelho, apenas calibraram e construíram sua escala termométrica.

Figura 14 - Termômetro do grupo VII durante a calibração do primeiro ponto fixo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

b) Resultados:

A distância medida pelo grupo entre os dois pontos de referência da escala termométrica ($\Delta T = 36^{\circ}\text{C}$) foi de 86mm. Assim, eles constataram que, para cada *mm* de altura da coluna líquida no canudo, correspondia a $0,42^{\circ}\text{C}$.

De acordo com o grupo, a altura da coluna líquida, quando o termômetro entrou em equilíbrio térmico com o ambiente, era de 69mm, correspondendo, portanto, a uma temperatura de aproximadamente 29°C . Como a temperatura registrada pelo termômetro comercial, naquele momento, era de $22,5^{\circ}\text{C}$ verificou-se uma notável diferença na temperatura registrada pelos dois termômetros. Ainda assim, dado as várias fontes de erros presentes nesse experimento, pode-se considerar o resultado como satisfatório.

Diante desse resultado, o professor procurou instigá-los a investigar a possível causa para essa considerável diferença na temperatura registrada pelos dois termômetros. Depois de discutirem o problema, eles chegaram à conclusão de que, além dos erros experimentais inerentes à prática, houvera falha na calibração do segundo ponto fixo (temperatura do corpo humano). Então, eles se propuseram a calibrar o termômetro

novamente em casa e apresentar o novo resultado no relatório. No entanto, dois dias depois o grupo procurou o docente para dizer que fazendo essa nova calibração a rolha de cortiça que tampava o bulbo estourou e não foi possível completar a tarefa. Eles tentaram improvisar uma tampa com fita crepe e veda rosca, mas acabou não dando certo. Dessa situação adversa, pelo menos eles tiraram um resultado interessante: a cortiça não era um bom material para ser utilizado como tampa do bulbo. Por ser porosa, a cortiça acaba ficando umedecida de álcool (substância termométrica) e expande ficando mais pressionada no gargalo do frasco. Ao ser retirada e colocada várias vezes, ela não resiste e acaba se desfazendo em pedaços. Segundo um dos integrantes do grupo, uma boa opção seria usar uma tampa de borracha como, por exemplo, a do tubo de ensaio utilizado na coleta de sangue (frasco 1 da figura A.1 do Apêndice A). O professor sugeriu que todos esses problemas encontrados durante a realização do experimento fossem registrados no relatório, pois tais dificuldades fazem parte da prática científica e é resolvendo problemas que a Ciência avança.

Como alguns alunos se mostraram preocupados com a influência desses problemas na nota do grupo, o professor procurou esclarecer que o fato do termômetro ter apresentado problemas não influenciaria de forma alguma na nota do grupo, mas que a nota dependeria de como eles lidariam com essas dificuldades, ou seja, de como isso seria tratado no relatório. Mesmo assim, notou-se que um dos integrantes (o mais envolvido com a atividade) ficou bastante frustrado com o resultado, por isso o professor fez questão de incentivá-lo, mostrando o quanto os problemas que apareceram enriqueceram a atividade.

Nessa fase da atividade, houve uma melhora significativa no trabalho em grupo. Praticamente todos os integrantes participaram mais ativamente das discussões que surgiam e da própria prática de calibrar e construir a escala termométrica. Contudo, um dos integrantes se destacava no grupo pelo seu interesse e envolvimento com a atividade desde o início.

Considerações da quarta etapa

Embora a decisão de dividir esta etapa, de construção do experimento, em dois momentos (montagem do termômetro, fora do horário de aula e a sua calibração, no horário de aula) tenha parecido a mais adequada para o andamento do trabalho, o professor ficou preocupado com a possibilidade dos grupos não realizarem a primeira parte dessa etapa em

casa - pois boa parte dos alunos trabalhava durante o dia e poderia encontrar dificuldade para se reunir no final de semana. Além do que, muitos desses alunos não têm o hábito de estudar e fazer tarefas em casa - a preocupação de alguns estudantes em copiar os exercícios de matemática durante a realização da etapa anterior ilustra isso – o que comprometeria a realização da segunda parte da atividade e conseqüentemente o andamento do trabalho.

Contudo, dos sete grupos, apenas um (grupo V) não trouxe para a aula o termômetro montado. Segundo os alunos desse grupo, eles não realizaram a montagem porque não conseguiram encontrar a lâmpada de lanterna de automóvel que seria utilizada como bulbo. Essa desculpa mostra que, diferentemente de outros grupos, faltou iniciativa para eles buscarem uma alternativa para o material não encontrado.

Entende-se que, ao escolher os materiais para montar o termômetro, os alunos estavam, implicitamente, levantando hipóteses sobre o funcionamento desse aparelho. Algumas dessas hipóteses tiveram uma base teórica consistente, como a do grupo VII, por exemplo, que recorre aos conceitos científicos para elaborá-las (item 3.1.3 deste capítulo, p. 60 e 61). Já outras como a do grupo I, por exemplo, foram pensadas sem um critério muito claro, talvez mais pela intuição do grupo. O que chamou a atenção na primeira versão do experimento foi o fato de os grupos IV e VI terem construído um termômetro bem diferente do que haviam planejado na terceira etapa, ignorando totalmente suas hipóteses iniciais que estavam muito bem embasadas teoricamente. Conversando com os grupos, o professor percebeu que, ao planejar a atividade, eles não discutiram muito bem onde e como encontrar os materiais que estavam propondo. Como alguns trabalham, eles encontraram dificuldade para procurar por esses materiais, até porque alguns alunos deixaram para fazer isso na última hora. Assim, eles acabaram montando o experimento com recursos que estavam facilmente disponíveis para eles, mesmo não estando de acordo com o que haviam pensado inicialmente.

A falta de tempo sempre será uma dificuldade para estudantes trabalhadores, mas isso não deve ser motivo para o professor não envolver esses alunos em pesquisas e atividades extraclases. Cabe ao docente ponderar a dimensão dessa tarefa e prazo para sua realização. No caso particular dessa AEI, do ponto de vista do professor-mestrando, o fato de apenas um grupo (grupo VII) ter alcançado êxito na primeira montagem experimental não significa que a atividade foi um fracasso, pois os problemas que surgiram nos demais grupos desencadearam discussões muito interessantes que contribuíram para a melhoria do experimento. Tanto é que na segunda montagem experimental praticamente os termômetros

de todos os grupos funcionaram. A exceção foi o termômetro do grupo V, justamente o único grupo que não tinha realizado a primeira montagem e que, portanto, não tinha vivenciado os problemas enfrentados pelos outros grupos, embora ele tivesse acompanhado a experiência que os demais grupos adquiriram com a primeira montagem. Nota-se, dessa forma, que o grupo V também não se apropriou, por *imitação*, dos erros e acertos e dos aprendizados coletivos, antes se manteve alheio aos resultados dos demais grupos (que funcionaram como parceiros mais capazes nesta etapa da atividade).

Além disso, toda essa situação possibilitou ao docente chamar a atenção dos estudantes para a importância do erro no processo de desenvolvimento da Ciência, desmistificando, de certa forma, a visão ingênua de muitas pessoas que entendem o desenvolvimento científico como fruto da genialidade de alguns homens que, de tão inteligentes, não cometem equívocos em seus trabalhos. Entende-se que é preciso, principalmente nas disciplinas científicas, valorizar o papel do erro em qualquer situação de aprendizagem, mostrar aos estudantes o quanto um exercício resolvido errado, um experimento que não funcionou, uma hipótese que se mostrou ineficaz, pode contribuir para a aprendizagem deles. A preocupação do grupo VII com a influência, em suas notas, dos problemas apresentados no termômetro deles ilustra que para esses estudantes o importante não é o processo, mas apenas o resultado final. Essa ideia certamente foi sendo transmitida a eles durante toda a vida escolar. Infelizmente, no processo de ensino-aprendizagem o erro, ainda nos dias atuais, tem caráter de punição e não de oportunidade para melhorar a aprendizagem dos alunos. Dessa forma, procurou-se mostrar a esses alunos que a nota do trabalho não dependeria apenas do fato do termômetro ter ou não funcionado, mas muito mais de como eles lidariam com os problemas que surgiram durante a prática experimental.

Nesse trabalho, adotou-se como referencial teórico a teoria sócio-interacionista de Vigotski por entender-se que o intercâmbio de informações por meio de interações sociais é de fundamental importância para o processo de aprendizagem, desde que faça parte das interações um parceiro mais capaz (MOREIRA, 1999). O professor naturalmente é o perito em sua sala de aula, razão pela qual o professor-mestrando procurou acompanhar de perto – estimulando o debate de ideias, orientando, informando e esclarecendo dúvidas – todos os grupos em cada etapa do trabalho. A construção da escala termométrica é um exemplo da importância do parceiro mais capaz durante a realização de uma atividade, pois todos os

grupos encontraram dificuldades para construí-la e só conseguiram com o auxílio de uma orientação mais direta do professor, *imitando-o*.

Embora o professor seja o especialista de sua disciplina, em trabalhos de grupo um estudante mais experiente pode assumir esse papel em determinadas situações. Essa situação foi bastante observada nos grupos IV e VI, em que seus integrantes trabalharam de forma bem integrada durante praticamente todas as etapas da AEI, sendo que em algumas ocasiões um aluno que cursava SENAI (no grupo IV) e outro que trabalhava numa oficina mecânica (no grupo VI), por suas experiências vivenciadas fora da escola, desempenharam a função de parceiro mais capaz, orientando e esclarecendo dúvidas de seus colegas de grupo durante, principalmente, a montagem e calibração do termômetro. Embora nos demais grupos nem sempre o trabalho fluiu de forma coesa, notamos que nesta etapa da AEI houve uma melhoria significativa no envolvimento dos estudantes com a atividade em quase todos os grupos. Esta se deve, em boa parte, ao fascínio provocado nos aprendizes ao montar um experimento e vê-lo funcionando.

As dificuldades que muitos alunos encontraram para atuarem em grupo (organização do trabalho, realização conjunta das atividades, ouvir e respeitar as opiniões dos colegas, esclarecer e defender suas idéias atentando para as críticas dos parceiros, etc) deve-se principalmente ao fato de que eles estão pouco familiarizados com essa maneira de trabalhar. Em geral, o que predomina na escola em que a proposta foi aplicada é um ensino de cunho tradicional, onde os alunos sentam sozinhos em uma das fileiras da sala de aula e recebem passivamente os conceitos transmitidos pelo docente. Para boa parte deles, trabalhar em grupo e com atividades práticas ainda é uma novidade.

A expectativa do professor era que essa etapa da AEI fosse realizada em duas aulas. No entanto, como quase todos os grupos tiveram problemas com a montagem experimental, foi necessário dispor de mais duas aulas para que eles concluíssem a prática. Como estava no final do bimestre, para não comprometer a conclusão do trabalho, o professor conseguiu que outro docente, o qual dispunha de um número maior de aulas semanais com a turma, cedesse duas aulas num outro dia da semana. Mesmo assim, alguns grupos se atrasaram por deixarem para montar o termômetro em sala de aula. Para que todos pudessem finalizar a atividade nesse dia, um terceiro professor gentilmente cedeu mais uma aula.

Portanto, foram utilizadas cinco aulas para o desenvolvimento completo desta etapa do trabalho.

As discussões dos resultados, a avaliação e a elaboração do relatório da atividade desenvolvida pelos estudantes ficaram para a semana seguinte. Os comentários sobre a etapa final da proposta será discorrido no próximo item.

3.1.5 Quinta etapa: Fechamento

O professor iniciou esta etapa pedindo que os alunos de cada grupo falassem um pouco sobre o termômetro construído, os materiais utilizados, como executaram a montagem, os problemas que surgiram e como conseguiram (se conseguiram) resolvê-los, como construíram a escala termométrica e se o termômetro funcionara de forma satisfatória, com relativa precisão.

Após a breve exposição de cada grupo, o professor questionou o porquê dos termômetros construídos não serem tão confiáveis. Vários alunos responderam que era porque as condições e os materiais utilizados na montagem não eram apropriados para esse fim. Depois perguntou o que poderia ser feito para melhorar a precisão desses termômetros. Como ninguém respondeu essa pergunta, o docente passou a discutir as possíveis fontes de erros desse experimento. Deixou claro que, por mais que conseguissem melhorar um experimento, jamais conseguiriam eliminar os erros completamente, ou seja, sempre existirá uma margem de erro. Quanto menor essa margem, maior a precisão do instrumento.

Na sequência, o professor fez uma explanação sistematizada da atividade, na qual retomou os conceitos envolvidos no desenvolvimento do trabalho, as dificuldades, as soluções para a resolução dos problemas encontrados pelos estudantes durante sua realização de cada etapa. Por meio dessa discussão mostrou-se aos aprendizes que ao escolher os materiais e o método para montar o termômetro eles estavam, ainda que implicitamente, propondo hipóteses a respeito do funcionamento desse aparelho e, ao construí-lo, de certa forma, estavam testando essas hipóteses. Alguns grupos verificaram que a primeira montagem experimental não funcionou por não terem combinado o bulbo e o tubo capilar adequadamente, assim, tiveram que pensar em outra proposta, ou seja, em outra hipótese. Refletir e analisar criticamente (desde a escolha dos materiais até a execução do experimento), interagir socialmente (trabalho em grupo), planejar e fazer o experimento,

argumentar e debater ideias, realizar e registrar medidas e observações, elaborar relatórios e estabelecer relações são outras competências e habilidades que também foram trabalhadas durante a realização da atividade. Contudo, o professor esclareceu à turma que o desenvolvimento dessas habilidades dependeu do quanto cada um deles se envolveu com o trabalho e que elas seriam aperfeiçoadas à medida que eles fossem participando de outras atividades dessa natureza.

Em seguida, o professor procurou discutir com os alunos a evolução dos termômetros comerciais no decorrer dos anos. A ideia era que eles percebessem que as dificuldades enfrentadas pelos cientistas e inventores se assemelham, em parte, às deles ao construir o termômetro. Além disso, foi possível explorar um pouco mais a relação entre Ciência e Tecnologia, ou seja, como o desenvolvimento científico contribui para os avanços tecnológicos e, por outro lado, como os processos tecnológicos – “... a análise meios-fins, o desenho e a realização de protótipos (com a resolução de inúmeros problemas práticos), a otimização dos processos de produção, a análise risco-custo-benefício, a introdução de melhorias sugeridas pelo uso...” (CACHAPUZ et al., 2005, p. 43), por exemplo – podem favorecer avanços na Ciência.

Nesse momento, o professor foi questionado por uma aluna sobre os motivos que levaram os termômetros clínicos de mercúrio a serem substituídos por termômetros digitais. Para a boa parte da classe, essa substituição estava relacionada com a precisão desses tipos de termômetros. O professor comentou, então, que além do quesito precisão, a preferência pelos termômetros digitais se deve também ao fato do mercúrio ser uma substância tóxica que oferece riscos a saúde das pessoas e ao meio ambiente. São comuns pessoas desinformadas, especialmente crianças, brincarem com as “bolinhas de mercúrio” que se espalham pelo chão quando um termômetro desse tipo se quebra, ficando, dessa forma, sujeitas a contaminação por inalação de vapor ou até mesmo por ingestão dessa substância. Além disso, elas acabam descartando esse material em lugares não apropriados como, por exemplo, num terreno baldio, em pias e ralos da casa ou no lixo comum, afetando, conseqüentemente, o ambiente (ar, água, solo). Após essa explanação, sugeriu-se que os alunos também conversassem com os professores de Química e Biologia para que eles pudessem obter mais informações sobre as propriedades desse metal e as doenças que ele pode desenvolver no organismo humano. Ter feito essa discussão com a turma foi muito interessante, pois praticamente todos os estudantes desconheciam os problemas que o

mercúrio pode trazer às pessoas e ao ambiente. Alguns meses depois, uma aluna trouxe para a sala de aula, socializando com o professor e com os colegas, uma reportagem sobre crianças que se contaminaram ao brincar com mercúrio que fora encontrado num terreno municipal de uma cidade do interior de São Paulo (CASTRO, 2010). Conseguiu--se com isso não só trabalhar as diversas habilidades já citadas com a aula de Física, mas também informar os estudantes sobre os possíveis riscos de contaminação com mercúrio, como mencionado na reportagem.

Para finalizar a atividade, o professor propôs aos alunos que respondessem três questionários: o primeiro intitulado como “diagnosticando dificuldades”, o segundo “conceitual” e o terceiro “de opinião”, além da elaboração de um relatório descrevendo a AEI.

O questionário “diagnosticando dificuldades” foi realizado em grupo e a expectativa era analisar as dificuldades enfrentadas pelos alunos ao construir o termômetro e o entendimento deles sobre o seu funcionamento. O questionário “conceitual” também foi realizado em grupo e tinha por objetivo avaliar a aprendizagem dos alunos referente aos conceitos e a parte experimental. Já o questionário de opinião foi realizado individualmente e com ele pretendia-se analisar a aceitação e o interesse dos alunos por atividades dessa natureza.

Como não haveria tempo suficiente para a construção do relatório em sala de aula, o professor combinou com os alunos que seria feito fora do horário de aula e deu o prazo de uma semana para os grupos entregarem. Deixou claro para eles que esse seria o prazo máximo, pois tinha de fechar o bimestre e entregar as notas para a secretaria da escola. Contudo, ao final da aula, o docente orientou-os, quanto à elaboração do relatório, com base em um guia que já havia entregado a eles anteriormente.

Considerações da quinta etapa

O primeiro momento desta etapa foi bastante interessante, pois o espaço criado para os estudantes falar sobre o experimento que haviam realizado foi bem aproveitado. Eles participaram comentando os problemas que apareceram na construção dos termômetros e como procuraram solucioná-los. Novas questões surgiram, como, por exemplo, a relacionada à substituição do termômetro clínico de mercúrio - que vem ocorrendo gradualmente - pelos digitais, que possibilitou relacionar Ciência, Tecnologia e Ambiente, contribuindo, assim,

para o desenvolvimento da cidadania nesses jovens. Também foi possível esclarecer dúvidas que ainda existiam, discutir alguns aspectos da atividade pouco considerada pelos alunos – como, por exemplo, a questão dos erros experimentais – e ainda comentar um pouco mais sobre a relação existente entre Ciência e Tecnologia.

É claro que o tempo disponível não era suficiente para que todos falassem e se manifestassem, mas ao menos esse momento foi criado e, diversos alunos representando seus grupos, aproveitaram a oportunidade e participaram. É importante destacar que em muitas situações de aprendizagem, principalmente na metodologia tradicional de ensino, esse espaço praticamente não existe.

Na segunda parte desta etapa, reservada para os estudantes responderem algumas questões e também elaborarem um relatório sobre a atividade realizada, percebeu-se uma queda acentuada na motivação de quase todos os alunos. Ouviu-se muitos comentários do tipo “*pra que responder questionário?*” e “*escrever relatório é muito chato*”. Sabia-se que essa seria a tarefa mais trabalhosa para esses alunos, até pela dificuldade que eles têm para escrever, mas essa é uma parte imprescindível em qualquer atividade pedagógica. Então, o professor procurou discutir com eles a importância dos questionários e do relatório para o processo de ensino-aprendizagem, pois se trata de instrumentos de avaliação que auxiliam muito o professor a diagnosticar as dificuldades que os aprendizes ainda têm; os conceitos que ainda não foram bem compreendidos e as habilidades que ainda precisam ser desenvolvidas por eles, para que o docente possa dirigir suas próximas ações no sentido de gradualmente diminuir essas lacunas.

Apesar dessa discussão e mesmo sabendo que, assim como as outras tarefas, os questionários e o relatório teriam uma nota que contribuiria para a composição da nota bimestral, dois grupos (II e III) não o entregaram - sendo que o grupo II também deixou de entregar um dos questionários (o “Questionário conceitual”). Esse resultado se deve muito, além da dificuldade que esses alunos têm para escrever, à falta de experiência com esse tipo de tarefa. Acreditamos que para a maioria da turma essa foi a primeira vez que escreveram um relatório sobre uma atividade experimental. Se os alunos ainda não conseguem elaborar o relatório de uma atividade prática, cabe ao professor continuar criando e desenvolvendo situações de ensino que favoreçam essa aprendizagem, possibilitando, assim, o desenvolvimento cognitivo desses aprendizes, ou seja, transformando o nível de

desenvolvimento potencial deles em nível de desenvolvimento real de forma que uma nova ZDP seja estabelecida (FERREIRA, 2009; MARTINS, 2005; REIG; GRADOLÍ, 1998).

Inicialmente, pensava-se que essa última etapa da atividade pudesse ser realizada em duas aulas. No entanto, como a discussão inicial se estendeu além do tempo previsto, foi necessário, mais uma vez, emprestar uma aula de outro professor.

3.2 CONSIDERAÇÕES DA APLICAÇÃO DA PROPOSTA

Nota-se que a estratégia de ensino elaborada, por meio das cinco etapas (*Contextualização, Provocação, Planejamento, Realização e Fechamento*), para desenvolver a AEI e a organização dos alunos em equipes de trabalho, contribuíram, principalmente, para potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico na sala de aula por meio do intercâmbio de informações e significados, debate de ideias, construção do conhecimento etc., conforme sugere Carrascosa et al. (2006). A constante interlocução entre os alunos e entre professor e alunos, observada durante toda a aplicação da proposta, mostra que ela propicia situações capazes de promover a interação social defendida por Vigotiski (2008).

A AEI possibilitou uma nova dinâmica na sala de aula, bem diferente das tradicionais aulas de Física. Enquanto os alunos deixaram de ser meros expectadores da aula tornando-se sujeitos investigativos no processo de ensino-aprendizagem, manifestando aquilo que sabiam sobre o assunto tratado, externando suas concepções prévias, discutindo como resolver o desafio proposto, organizando e planejando a atividade experimental com base em suas hipóteses, construindo o experimento, debatendo os problemas e propondo soluções etc, o papel do professor deixou de ser apenas o de transmitir conteúdos tornando-se o de mediar às múltiplas interações: aluno-conteúdo, aluno-aluno, classe-professor estabelecidas nesse processo. Isso fica evidenciado na visita do docente aos grupos, durante a quarta etapa, para discutir os problemas dos termômetros que não funcionaram, por exemplo, pois ali ele procurou dialogar com os grupos fazendo questionamentos que levaram os alunos a refletir sobre os possíveis problemas que estavam comprometendo o experimento e a propor soluções para eles, ao invés de simplesmente informar os estudantes dos problemas e apontar as

correções a serem feitas. Nesse sentido, a AEI concretiza a proposta socioconstrutivista vigotskiana.

No que concerne a motivação e ao envolvimento dos alunos, principalmente na realização das tarefas em grupo, apesar de algumas oscilações e desafinos observados em alguns grupos, no geral o resultado pode ser considerado satisfatório, até porque foi possível notar evolução no trabalho de alguns grupos, como o grupo VII, por exemplo, que começou bem disperso, mas terminou com praticamente todos os integrantes bastante envolvidos com a atividade.

O próximo capítulo será dedicado à apresentação e discussão detalhada dos resultados obtidos por meio dos instrumentos de avaliação mencionados anteriormente.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO QUALITATIVA

A avaliação da aplicação desta proposta de ensino foi baseada em dados obtidos pelo professor por meio de registros diários coletados ao final de cada aula e de questionários com questões que abrangessem tanto a parte conceitual e experimental do trabalho quanto ao interesse dos alunos pelo tipo e o modo com que as atividades foram desenvolvidas. Adicionalmente ao monitoramento dos grupos sobre a maneira que conduziam a prática, foi proposto um relatório da atividade para verificar a proficiência dos alunos para escrever e organizar suas ideias.

A seguir, passaremos a apresentar e comentar os resultados obtidos por meio dos instrumentos de avaliação mencionados acima. Para tanto, o capítulo será dividido em três partes: a primeira (4.1) será voltada mais para a avaliação do aspecto conceitual e experimental do trabalho, a segunda (4.2) versará mais a respeito da aceitação e do interesse dos alunos pela estratégia de ensino utilizada neste trabalho e na terceira (4.3) será realizada uma discussão final dos resultados obtidos.

4.1 AVALIAÇÕES DO ASPECTO CONCEITUAL E EXPERIMENTAL DO TRABALHO

Para avaliar o desempenho dos sete grupos ao término da AEI, aplicamos à turma dois questionários dissertativos. Um deles, denominado “*Questionário conceitual*”, tinha por objetivo verificar a compreensão dos aprendizes a respeito dos conceitos envolvidos na AEI e também sobre alguns aspectos da montagem experimental que eles realizaram. Já o segundo questionário, intitulado “*Questionário diagnosticando dificuldades*”, visava avaliar as dificuldades encontradas pelos alunos referentes à construção do experimento, desde encontrar os materiais necessários à prática até os possíveis riscos oferecidos a integridade física dos mesmos, e se estes entenderam o seu funcionamento.

Além dos questionários, solicitamos aos aprendizes que, ao final da atividade, entregassem um relatório da AEI. Afora possibilitar momentos de reflexão, sistematização,

exercício da pesquisa, treino da escrita e a introjeção da linguagem da Física (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007), um relatório pode trazer muitas informações a respeito do entendimento de quem o escreveu sobre um determinado assunto estudado ou prática realizada. Assim, um dos propósitos do relatório era a obtenção de dados que complementasse aqueles obtidos por meio dos questionários e também através da nossa observação direta da prática durante todo o desenvolvimento da AEI.

Como um dos propósitos deste trabalho era valorizar a interação social na sala de aula, entendemos que seria mais interessante que esses dois questionários e o relatório da atividade fossem realizados em grupo, pois ao responder as questões e ao relatar a experiência realizada os estudantes têm a oportunidade de debater ideias e intercambiar informações até, consensualmente, por meio dos argumentos apresentados, chegarem a uma resposta que seja uma conclusão do grupo.

Após seis meses da realização deste trabalho, decidimos aplicar novamente aos alunos que participaram do projeto um questionário envolvendo conceitos e aspectos da parte experimental presentes nessa atividade. Para isso readaptamos o “Questionário conceitual”, mencionado acima, colocando as questões no formato objetiva. Como não seria possível que os grupos que participaram da AEI tivessem a mesma formação do período em que a proposta foi aplicada, pois alguns alunos haviam se transferido da escola e outros mudado de período, achamos mais conveniente que ele fosse respondido individualmente. Dessa forma, foi possível avaliar a contribuição da AEI proposta para a aprendizagem de conceitos pelos estudantes.

4.1.1 Questionário conceitual

Este questionário pode ser visto em formato original no Apêndice E. Este é composto por onze questões dissertativas de caráter geral, teórico e experimental, sobre a atividade desenvolvida. As questões são apresentadas na mesma ordem em que foram colocadas para os alunos, acompanhadas das respostas dos respectivos grupos de trabalho juntamente com nossa apreciação.

Questão 1: “Analisando o funcionamento do termômetro que você construiu, quais são as variáveis que influenciam no seu funcionamento?”

Objetivo: Verificar se os estudantes conseguiram identificar as variáveis que influenciam no funcionamento do termômetro de coluna líquida.

Resposta esperada: As variáveis de maior relevância que influenciam no funcionamento e na construção desse termômetro e que deveriam ser levadas em conta pelos alunos são: (a) o volume inicial do líquido utilizado como substância termométrica (capacidade do bulbo); (b) as dimensões do tubo capilar (raio e altura do canudo); (c) o coeficiente de dilatação do líquido utilizado como substância termométrica; (d) o intervalo de temperatura que se pretendia medir com o termômetro e (e) a condutividade térmica do frasco utilizado como bulbo.

Resultados¹⁷:

Grupo I: *“O tamanho do tubo capilar, a quantidade que deve ficar fora e dentro do bulbo, a quantidade de álcool, a dimensão do tubo e do bulbo.”*

Grupo II: Não responderam o questionário.

Grupo III: *“Temperatura, o diâmetro do canudo, quantidade de álcool e espessura do vidro.”*

Grupo IV: *“O volume do canudo, tamanho do vidro utilizado, o tipo de substância (líquida) influenciam no seu funcionamento.”*

Grupo V: *“com a temperatura do nosso corpo é maior que o frasco com o líquido.”*

Grupo VI: *“O diâmetro e o tamanho do canudo colocamos uma boa quantidade de álcool.”*

Grupo VII: *“O tamanho do bulbo não pode ser muito grande para que não demore o líquido a se dilatar ou se contrair também para que o líquido não entorne pelo tubo capilar, a variação de temperatura também é muito importante assim como as dimensões do tubo capilar.”*

¹⁷ Em todos os questionários, analisados neste capítulo, a grafia original dos alunos foi mantida.

Comentário:

Pelas respostas acima, ficou claro que os grupos I, III, IV, VI e VII entenderam pelo menos parte das variáveis que influenciam no funcionamento do termômetro. Já a resposta do grupo V é completamente confusa mostrando que o mesmo não interpretou a pergunta corretamente. O grupo III também não entendeu bem a pergunta ao inserir a temperatura como variável do termômetro. Vale salientar que os grupos I e IV foram precisos em suas respostas e o grupo VII fornece uma resposta mais articulada tentando justificá-la hipoteticamente. Mesmo tendo sido considerada por alguns grupos, durante a realização da AEI, a condutividade térmica não foi mencionada nessa questão por nenhum deles. Provavelmente, os alunos tenham entendido que esta não seja uma variável imprescindível para o funcionamento do termômetro que construíram, o que de certa forma está correto, uma vez que a influência da condutividade térmica no experimento está mais relacionada com o tempo necessário para o termômetro entrar em equilíbrio térmico com outro sistema.

Questão 2: “Antes de usar seu termômetro, responda à seguinte questão: será que os valores obtidos por um termômetro comercial serão muito diferentes dos que você obtém com seu termômetro caseiro? Escreva a seguir o que você acha, justificando sua resposta.” (SÃO PAULO (Estado), 2010, p.11, Caderno do Aluno).

Observação: Esta questão foi antecipada aos grupos, sendo feita pelo professor para cada grupo – individualmente - à medida que a montagem experimental ia sendo concluída, para que eles pudessem respondê-la antes de testar seus respectivos termômetros. Pedimos apenas que eles transcrevessem posteriormente suas respostas para o questionário.

Objetivo: Com esta questão pretendíamos que os alunos refletissem sobre a precisão e sensibilidade do termômetro que construíram. Apesar da resposta ser “pessoal”, era esperado que eles percebessem que no termômetro rudimentar (caseiro) que construíram existem várias fontes de erros que contribuem para que a temperatura medida nesse termômetro seja diferente de um termômetro comercial. As diferenças entre os materiais utilizados na construção dos termômetros caseiro e comercial e nos métodos de calibragem constituem as mais evidentes fontes de erros.

Resposta esperada: Embora “pessoal”, esperávamos que os alunos concluíssem, mesmo antes de usar o termômetro, que os valores obtidos com o termômetro caseiro apresentariam diferenças em relação ao comercial devido, principalmente, às diferenças nos materiais utilizados na construção desses termômetros e também nos métodos de calibração.

Resultados:

Grupo I: *“Sim, porque eles são mais eficazes.”*

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: *“Antes de fazer nos achamos que sim, mas depois que construímos o termômetro caseiro não houve grande diferença.”*

Grupo IV: *“Não, por que foi usado como base a sua temperatura, deste modo o termômetro fabricado pelos alunos devem ser parecidos pelo comercial.”*

Grupo V: *“Sim, o termômetro comercial vai dar valores muito diferentes porque o nosso vazou”*

Grupo VI: *“Não, apenas a exatidão, o design, porque o comercial é mais bonito..”*

Grupo VII: *“Não. Pois muitos termômetros comerciais também usam álcool”*

Comentários:

Nota-se, pelas respostas, a falta de conhecimentos (teóricos e empíricos) dos alunos nas comparações com as variáveis dos termômetros comerciais. A comparação é feita de forma muito subjetiva, como acontece com o pensamento da criança na fase dos *amontoados sincréticos* (conforme discutido anteriormente no capítulo 1, seção 1.1). Essa forma elementar de pensamento observada nas respostas dos estudantes se deve, possivelmente, a falta de experiência deles com o tratamento de erros e aproximações em salas de aula, além da falta de conhecimento quanto ao desenvolvimento de tecnologias as quais demandam equipamentos e métodos bem mais sofisticados.

Questão 3: “Agora, use seu termômetro para medir a temperatura de outros objetos. Por exemplo, meça a temperatura ambiente e compare o resultado com a temperatura obtida em um termômetro comercial. Escreva a seguir os valores encontrados.” (SÃO PAULO (Estado), 2010, p.12, Caderno do Aluno).

Objetivo: Nesta questão a ideia era a de que os alunos pudessem testar seus termômetros medindo a temperatura ambiente, por exemplo, comparando o valor encontrado com a temperatura medida por um termômetro comercial. Com isso eles poderiam checar a previsão feita na questão 2.

Resposta esperada: Aqui a resposta é pessoal (do grupo).

Resultados:

Grupo I: “*O termômetro experimental marcava 22°C e o comercial 22,5°C*”

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: “*Termometro caseiro: 22,8°C termometro comercial: 22,5°C*”

Grupo IV: “*Termometro comercial 23°*”

“*Termometro criado 21,6°*”

Grupo V: “*Não foi possivel porque o termometro vazol*”

Grupo VI: “*O nosso termômetro não daria 22,5°C, ficamos com uma diferença de 1 décimos 4 em 4 mm.*”

Grupo VII: “*Os dois chegariam a mesma temperatura mas por problemas na calibração no termometro caseiro tivemos uma diferença.*”

Comentários:

Observa-se que os alunos verificam a temperatura e a comparam com o termômetro comercial como pede a pergunta. Apesar dos grupos VI e VII apresentarem respostas confusas, os resultados apresentados mostram que a maioria dos grupos conseguiu construir e calibrar o termômetro corretamente.

Questão 4: “Pare e tente responder: por que, ao calibrar seu termômetro, a coluna de álcool aumenta quando sua mão entra em contato com ele?” (SÃO PAULO (Estado), 2010, p.12, Caderno do Aluno).

Objetivo: Verificar se os alunos entenderam que o aumento na altura da coluna de álcool no termômetro se deve ao fenômeno da dilatação térmica que ocorre em função da transferência de calor da mão para o líquido contido no bulbo.

Resposta esperada: Nossa expectativa era que os alunos respondessem que o aumento na altura da coluna líquida ocorre porque há transferência de energia térmica (calor) da mão para o líquido elevando sua temperatura. Com isso as moléculas do líquido ficam mais agitadas e começam a se afastar umas das outras, ou seja, o líquido se expande.

Resultados:

Grupo I: *“Porque o nosso corpo passa calor, as moléculas do álcool se dilatam e se estende no tubo capilar.”*

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: *“Porque o álcool se aquece fazendo com que as molé se dilatam aumentando o volume líquido (álcool) que contém no recipiente.”*

Grupo IV: *“porque transmite calor para o termometro (o álcool), com o aquecimento do líquido o álcool se expande e sobe.”*

Grupo V: *“Sim a nossa mão entra em contato com o frasco ele começa a dilatação”*

Grupo VI: *“Porque o calor do corpo faz com que o álcool se dilate mais fácil.”*

Grupo VII: *“Porque o álcool se aqueceu dilatando-se e subindo pelo tubo capilar”*

Comentários:

As respostas mostram de maneira clara o entendimento da maioria dos alunos quanto à transferência de calor da mão para o álcool e que o aumento de volume se deve à dilatação térmica do líquido. No entanto, os grupos I e III associam a dilatação do álcool a um

aumento no tamanho das moléculas desse líquido e não ao afastamento entre elas provocado pela elevação do grau de agitação dessas moléculas ao ganharem energia térmica. Já o grupo VI utiliza o termo “*o calor do corpo*” para explicar a dilatação do álcool, o que pode significar que para os alunos desse grupo o conceito de calor está associado a ideia de uma substância contida nos corpos que pode transitar de um para outro quando eles estão a diferentes temperaturas (como a concepção do *calórico*, no passado, por exemplo). Essas respostas mostram dois modelos elaborados por esses alunos (na inter-relação das suas concepções cotidianas com os conceitos científicos), possivelmente ao realizarem a AEI proposta, que ainda estão distantes dos conceitos científicos de dilatação térmica e calor, respectivamente, baseados no modelo cinético molecular da matéria, necessitando, portanto, que sejam (re)elaborados por eles. Contudo, esse não é um processo que ocorre de uma “hora para outra”, por assimilação direta. Esses resultados nos levaram a planejar uma aula (que aconteceu logo após o recesso escolar do mês de Julho) para discutir as respostas dadas pelos grupos nesse questionário e confrontar esses modelos alternativos com aqueles aceitos no contexto da Física (conhecimento científico), além de ter possibilitado o replanejamento das atividades educativas para o semestre seguinte.

Questão 5: “Testando a lei zero da termodinâmica¹⁸. Pegue um copo contendo água (corpo A) e outro contendo óleo (corpo B). Introduza o termômetro (corpo C) na água e marque a altura da coluna de líquido do termômetro. Faça o mesmo para o óleo e compare as alturas da coluna em A e B. O que podemos concluir com isto? É necessário calibrar o termômetro para chegarmos a esta conclusão? Por quê?”

Objetivo: Nesta questão a ideia era verificar se os estudantes compreenderam a Lei Zero da Termodinâmica, já que o funcionamento de qualquer termômetro está baseado nela.

Resposta esperada: Esperávamos que os alunos respondessem que a altura da coluna de líquido do termômetro fosse igual para a água e para o óleo e que esse resultado poderia ser obtido mesmo com o termômetro não calibrado, pois neste caso os três corpos estão em equilíbrio térmico.

¹⁸ A lei zero da termodinâmica afirma que se dois corpos quaisquer estão separadamente em equilíbrio térmico (com a mesma temperatura) com um terceiro, eles também estão em equilíbrio térmico entre si (SEARS; SALINGER, 1979).

Resultados:

Grupo I: *“Não precisa calibrar o termômetro, porque estão em equilíbrio térmico e a altura da coluna líquida vai ser a mesma.”*

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: *“Não. Por que a temperatura da água e do óleo é a mesma, não alterando em nada.”*

Grupo IV: *“porque A e B estão em equilíbrio termico, não. Porque se estão em equilíbrio termico também estão em mesma temperatura.”*

Grupo V: *“Não, porque o termômetro não mostrando alteração de temperatura o copo de agua de oleo estão em equilibrio”*

Grupo VI: *“Que corpo “a” e “b” estão em equilíbrio térmico; não precisa calibrar, pois o risco do líquido irá parar no mesmo lugar.”*

Grupo VII: *“Que os 2 estão na mesma temperatura, chegando nesta conclusão pela medida em que o alcool se delatou”*

Comentários:

Os alunos mostram que entenderam a ideia de equilíbrio térmico.

Questão 6: “Suponha que no termômetro que você construiu a altura da coluna de líquido, para uma temperatura ambiente de 25 °C, seja de 4,0 cm. Se você utilizá-lo novamente depois de três dias para medir a mesma temperatura de 25 °C, a altura da coluna de líquido será a mesma? Justifique.”

Objetivo: Com esta questão pretendíamos verificar se os alunos seriam capazes de identificar um dos problemas que o termômetro que eles construíram apresenta, a evaporação do álcool, e que compromete a sua utilização por um período prolongado.

Resposta esperada: Nossa expectativa era que os alunos respondessem não, devido à evaporação do álcool no decorrer desses três dias.

Resultados:

Grupo I: *“Não, pois o álcool irá evaporar.”*

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: *“Não. Pois o álcool não terá a mesma quantidade pois ele evapora.”*

Grupo IV: *“não porque vai estar descalibrado, pois o álcool vai evaporar.”*

Grupo V: *“não porque a variação muda todo os dias”*

Grupo VI: *“Sim, porque se ele estiver fechado não tem como evaporar.”*

Grupo VII: *“Não pois o álcool vai evaporar deixando assim o nível mais baixo”*

Comentários:

As respostas mostram que todos os grupos (exceto o grupo II) compreenderam o problema da limitação, em relação ao tempo de uso, do termômetro que eles construíram. Apenas o grupo VI respondeu sim, mas apresentando uma proposta factível para evitar a evaporação do álcool, o que demonstra bom entendimento da situação. Vale lembrar que esse problema foi debatido por alguns grupos (II, III e V) durante a realização da AEI, o que pode ter contribuído para o bom desempenho dos alunos nesta questão.

Questão 7: “Por que não seria conveniente usar um frasco de plástico para construir o termômetro sugerido no roteiro?”

Objetivo: Nesta questão, a ideia era verificar se os alunos compreenderam a importância da condutividade térmica do material que constitui o bulbo para o funcionamento do termômetro que construíram (mais especificamente para o tempo de resposta da medida da temperatura).

Resposta esperada: Aqui esperávamos que os estudantes apresentassem uma resposta do tipo: “Como o plástico apresenta uma condutividade térmica menor do que a do

vidro, gastará maior tempo para que o termômetro entrasse em equilíbrio térmico com outro sistema inicialmente à temperatura diferente.”

Resultados:

Grupo I: *“Porque há dificuldade na condução do calor.”*

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: *“Porque ele demora mais a se aquecer ou seja demora mais para as moléculas do álcool se agitarem e aumentarem o seu volume.”*

Grupo IV: *“porque o vidro tem muita mais qualidade na recepção de calor que o plástico.”*

Grupo V: *“Porque a condutividade é maior do que a do plástico”*

Grupo VI: *“Porque o plástico demora mais para dilatar, por isso que mais conveniente usar vidro”*

Grupo VII: *“Por que o plástico não tem uma transmissão de temperatura boa.”*

Comentários:

Apesar da dificuldade que os grupos apresentaram na formulação das respostas (escrita), a ideia está correta. Vale destacar a utilização de conceitos espontâneos por dois grupos ao responder esta questão. O grupo III novamente associa a dilatação do álcool com o aumento no volume de suas moléculas, enquanto que o grupo VII associa a condutividade térmica com a “transmissão de temperatura” entre sistemas. Aliás, é muito comum nos depararmos com estudantes que ainda utilizam essa concepção para explicar a variação da temperatura de um corpo ou sistema. Até mesmo entre aqueles aprendizes que já se apropriaram do modelo cinético molecular da matéria, é frequente alguns deles ainda recorrerem a esta concepção espontânea em determinadas circunstâncias (conforme já discutido na seção 1.1 do capítulo 1). Ainda a esse respeito, Martins (2005, p.68) diz:

“Não raro encontramos alunos que, ao expressarem sua compreensão de determinados conceitos, demonstram uma certa imprecisão quando os

operacionalizam em sua compreensão da realidade: ora se referem aos fenômenos utilizando conceitos aprendidos a partir do seu cotidiano, ora utilizam conceitos aprendidos na escola.”.

Questão 8: “Para construir um termômetro de coluna líquida, considere que você tenha à disposição três frascos de vidro com as seguintes capacidades: 15 ml, 60 ml e 120 ml, três canudos idênticos com 0,3 cm de diâmetro interno e 25,0 cm de comprimento e álcool comum (colorido). Qual dos três frascos seria o mais adequado para a construção do termômetro? Justifique sua resposta.”

Objetivo: O primeiro objetivo desta questão era verificar se os alunos compreenderam a influência da capacidade do frasco - usado como bulbo – no funcionamento do termômetro, já que ela determina o volume inicial do líquido utilizado como substância termométrica. Como a dilatação volumétrica é diretamente proporcional ao volume inicial da substância, quanto maior for o volume inicial, maior será a dilatação do líquido no tubo capilar, podendo entornar pelo tubo capilar (que no caso do termômetro que eles construíram é aberto). O segundo objetivo era verificar se eles entenderam a equação da expansão térmica e se são capazes de utilizá-la para determinar qual dos três frascos sugeridos na questão é o mais apropriado para a construção do termômetro (semelhante ao construído por eles).

Resposta esperada: Considerando que a altura da parte externa do canudo (h) seja 20 cm e sabendo que o seu raio (r) é de 0,15 cm, podemos calcular o quanto o líquido pode dilatar no interior do tubo capilar através da seguinte relação:

$$\Delta V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (1)$$

$$\Delta V = \pi \cdot (0,15\text{cm})^2 \cdot 20\text{cm}$$

$$\Delta V = 1,41\text{cm}^3 \text{ ou } \Delta V = 1,41 \text{ ml}$$

Dessa forma, para que o líquido não entorne pelo canudo, a sua dilatação máxima deve ser de 1,41 ml. Considerando os pontos fixos adotados para calibrar nosso termômetro, temos que $\Delta T = 37^\circ\text{C}$. Como a substância termométrica é o álcool comum, $\gamma = 0.0011 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Aplicando esses dados e o resultado obtido a partir de (1) na equação da dilatação volumétrica, podemos encontrar V_0 :

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \quad (2)$$

$$1,41\text{ml} = V_0 \cdot 0,0011^\circ\text{C}^{-1} \cdot 37^\circ\text{C}$$

$$1,41\text{ml} = V_0 \cdot 0,0407$$

$$V_0 = \frac{1,41\text{ml}}{0,0407} \Rightarrow V_0 = 34,6\text{ml}$$

Esse resultado nos mostra que o volume inicial do líquido no termômetro deve ser no máximo de 34,6 ml. Portanto, dos três frascos o único que podemos utilizar é o de 15 ml.

Resultados:

Grupo I: “60 ml, porque 15 ml ele iria transbordar por ser um frasco muito pequeno, e 120 ml não seria adequado pois seria muito liquido para se dilatar no canudo.”

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: “15 ml, pois seria mais facil aquecer o liquido que contem no recipiente.”

Grupo IV: “mais adequado é de 15 ml por que sendo menor recebera calor mais rápido do que os outros 2 frascos..”

Grupo V: “O de 60 ml porque os outros dois são disproporcional”

Grupo VI: “15 ml; seria mais fácil para percebe a dilatação.”

Grupo VII: “O de 15 ml porque com os outros o liquido entornaria”

Comentários:

Nota-se que todos os grupos apresentaram respostas intuitivas. Alguns confundem conceitos e outros justificam de maneira inapropriada a questão colocada mostrando a falta de familiaridade e habilidade com equações. Dos quatro grupos que apresentaram a resposta correta (III, IV, VI e VII), apenas o grupo VII chegou a mencionar,

ainda que superficialmente, a influência da capacidade do frasco no funcionamento do termômetro. Esse resultado mostra em um primeiro momento que as discussões que surgiram, no decorrer da AEI, pouco contribuíram para convencer os estudantes das vantagens de se utilizar a equação da expansão térmica na construção do termômetro e também para motivá-los a utilizá-la para determinar a capacidade do frasco que seria utilizado como bulbo, uma vez que a utilização de um frasco com capacidade inadequada comprometeria o funcionamento do termômetro. Pelas observações realizadas durante a execução da AEI, que estão registradas no capítulo anterior, os alunos achavam desnecessário fazer os cálculos, pois consideravam a relação entre as grandezas geométricas do tubo capilar com a capacidade do bulbo perceptível e os cálculos só traria mais trabalho a eles. Embora a relação que os educandos estabeleceram, nesse caso, esteja embasada em aspectos perceptivos que de fato existem entre essas grandezas, os vínculos estabelecidos entre elas são pouco estáveis e imprecisos, ou seja, eles recorrem aqui ao *pensamento por complexos* (conforme discutido anteriormente no capítulo 1, seção 1.1).

Questão 9: “Para a construção do termômetro foram sugeridas, a princípio, duas opções de substância termométrica: água e álcool comum (92,8^o INPM). Qual delas seu grupo escolheu? Por quê?”

Objetivo: O propósito desta questão era verificar se ao escolher o líquido (água ou álcool) - para ser utilizado como substância termométrica – os alunos refletiram nas vantagens e desvantagens de se utilizar um ou outro ou se a escolha foi simplesmente aleatória e sem critério.

Resposta esperada: A substância escolhida deveria ser o álcool, pois o álcool se dilata mais facilmente que a água ($\gamma_{\text{álcool}} > \gamma_{\text{água}}$). Além disso, a água não dilata de forma linear, pois seu coeficiente de dilatação varia consideravelmente com a temperatura, além de apresentar um comportamento anômalo entre 0 e 4 °C.

Resultados:

Grupo I: “O álcool, pois ele se dilata e absorve o calor mais fácil.”

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: *“O álcool. Por que é um líquido inflamável que aquece rapidamente.”*

Grupo IV: *“álcool, por que o álcool recebe calor mais rápido e aquece mais rápido, e a água tem problema na temperatura de 0 a 4 °C que podem dar na hora de medir.”*

Grupo V: *“O álcool porque ele mais comum para esse tipo de experiência”*

Grupo VI: *“O álcool, pois é mais fácil aumenta a dilatação.”*

Grupo VII: *“Alcôol, porque seu poder de dilatação é maior.”*

Comentários:

Embora todos os grupos tenham optado acertadamente por utilizar o álcool como substância termométrica, as justificativas apresentadas por eles para essa escolha foram diversas e, em alguns casos, confusas. Os grupo I, VI e VII reconhecem que o álcool tem a vantagem de se dilatar mais facilmente que água ($\gamma_{\text{álcool}} > \gamma_{\text{água}}$). No entanto, o grupo I atribui, equivocadamente, a maior absorção de calor pelo álcool em relação à água como um fator determinante para sua escolha. O grupo III vai numa linha parecida, mas atrelando a maior rapidez no aquecimento do álcool com o fato de ser esta uma substância inflamável. O grupo IV, por sua vez, foi o único grupo a apontar o comportamento anômalo da água, entre 0 e 4°C, como um fator relevante na escolha do álcool como substância termométrica, embora também tenha se equivocado ao mencionar a maior rapidez no aquecimento (menor calor específico) do álcool e o fato dessa substância “receber calor mais rápido” (o que não é correto, pois, à temperatura ambiente, a condutividade térmica do álcool é menor do que a da água)¹⁹ como aspectos importantes para sua escolha. Já o grupo V justifica a escolha do álcool simplesmente porque é um líquido muito utilizado na fabricação de termômetros comerciais, sem mencionar nenhuma vantagem desta substância em relação à água, que seria a outra opção. Nota-se, pelas respostas da maioria dos grupos, a influência dos conceitos científicos, desenvolvidos em sala de aula, na escolha do álcool como substância termométrica, ainda que de forma incompleta e/ou parcialmente corretas. Apenas a resposta do grupo V não tem uma base científica, antes está apoiada na experiência cotidiana de seus integrantes, uma vez que reconhecem o álcool como uma substância comumente utilizada na fabricação de termômetros de coluna líquida. Podemos observar também a ausência de uma linguagem

¹⁹ A condutividade térmica do álcool, à 25°C, é de 0,17 W/(m.K) (THE ENGINEERING TOOLBOX, 2012). Já a condutividade térmica da água, à 20°C, é de 0,60 W/(m.K) (GASPAR, 2000).

científica mais apropriada nestas respostas. Os grupos VI e VII, por exemplo, utilizam, respectivamente, os termos “maior facilidade para aumentar a dilatação” e “maior poder de dilatação” ao invés de usar o termo científico “maior coeficiente de dilatação térmica.”

Questão 10: “Henrique, aluno do Ensino Médio, resolveu construir um termômetro de coluna líquida, semelhante ao que vocês construíram. Para fazer o papel de tubo capilar, ele encontrou dois canudos de plástico transparentes, A e B, com diâmetro interno de 2 mm e 4 mm, respectivamente. Caso Henrique decida utilizar o canudo A, o comprimento deste canudo deve ser menor, igual ou maior do que o comprimento do canudo B? Justifique.”

Objetivo: Com esta questão pretendíamos verificar se os estudantes compreenderam a importância das dimensões do tubo capilar na construção do termômetro de coluna líquida (que eles construíram). Quando o volume inicial do líquido está previamente definido pela capacidade do frasco utilizado como bulbo, é necessário atentarmos para as dimensões do tubo capilar, caso contrário existe uma grande chance do líquido entornar pelo tubo, impossibilitando a calibração do termômetro. Nossa expectativa era que os alunos resolvessem o problema tendo em mente que para o mesmo volume a altura do tubo é inversamente proporcional ao quadrado do seu raio.

Resposta esperada: Se Henrique utilizar o canudo de diâmetro interno de 2 mm, o seu comprimento, para manter o mesmo volume, deverá ser quatro vezes maior.

Resultados:

Grupo I: *“O comprimento do canudo B deve ser menor por ser mais largo.”*

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: *“deve ser maior. Porque o de A (2mm) cabe menos “líquido” que o canudo B (4 mm).”*

Grupo IV: *“Igual porque se for maior ou menor alterara no resultado não podendo dar certo.”*

Grupo V: *“maior porque o canudo B é mais largo.”*

Grupo VI: *“Maior, para que se tenha mais “espaço” para a dilatação.”*

Grupo VII: *“Maior pois seu diâmetro é menor se utilizasse com o mesmo tamanho provavelmente o liquido entornaria.”*

Comentários:

Nesta questão podemos verificar que apenas o grupo IV a respondeu de forma completamente equivocada, aparentando certa confusão, de seus integrantes, com a lei zero da termodinâmica. Já o grupo I não interpretou corretamente a questão e a respondeu, embora de forma acertada, como se Henrique tivesse escolhido o canudo B. Apesar da maioria dos grupos ter respondido corretamente essa questão, os alunos tiveram dificuldade para associar as relações apresentadas nas equações estudadas. Nenhum dos grupos chegou a comentar o quanto maior deveria ser o comprimento do canudo A, caso o aluno decidisse utilizá-lo. As respostas dos alunos revelam, mais uma vez, que a manipulação matemática da situação física não traz nenhuma vantagem a eles.

Questão 11: “Atualmente os termômetros de mercúrio estão sendo substituídos por termômetros digitais. Por quê?”

Observação: Esta questão foi acrescentada ao questionário após a discussão deste assunto, que havia sido levantado por uma aluna, durante a sistematização da AEI, conforme comentamos no capítulo 5 (seção 5.1.5).

Objetivo: Esta questão tinha por objetivo verificar se os alunos entenderam os riscos oferecidos pelo mercúrio não só à nossa saúde como também ao meio ambiente, durante a discussão desse assunto em sala de aula.

Resposta esperada: O uso do termômetro de mercúrio vem sendo desaconselhado por órgãos ligados à saúde e ao meio ambiente (SÃO PAULO (Estado), 2006, Recomendação Técnica) porque o mercúrio consiste em um metal altamente tóxico - embora aparentemente inofensivo, visto que, não tem cheiro e tem aspecto muito bonito e brilhante. Quando um termômetro desse tipo quebra, o mercúrio ali contido se espalha pelo chão contaminando aquele ambiente (solo, ar, água. etc.), além disso, as pessoas que convivem naquele ambiente acabam ficando expostas ao risco de intoxicação dos mais variados níveis.

Resultados:

Grupo I: *“porque o mercúrio é um líquido prejudicial á saúde..”*

Grupo II: Não responderam.

Grupo III: *“Porque o mercurio são líquidos tóxicos e podem causar problemas pulmonares.”*

Grupo IV: *“Sim, porque os digitais não são perigosos quando quebram, não possui materiais toxicos, alem de que são mais precisos.”*

Grupo V: *“Porque e prejudicial a saúde.”*

Grupo VI: *“Por que o mercúrio é tóxico e o digital é mais exato.”*

Grupo VII: *“Por que o mercurio e tóxico.”*

Comentários:

Pelas respostas, percebemos que os alunos entenderam bem o motivo que está levando os termômetros de mercúrio a serem substituídos pelos digitais. Dois grupos, IV e VI, ainda comentaram sobre a vantagem da precisão dos termômetros digitais em relação aos de mercúrio. No entanto, esperávamos que eles pudessem comentar um pouco mais sobre os riscos que o mercúrio oferece não só a saúde como também ao meio ambiente.

Sabemos que no processo de ensino-aprendizagem de Ciências é comum, principalmente entre os professores, a expectativa de que ao término de uma atividade escolar os alunos tenham dominado os conceitos científicos desenvolvidos nessa atividade. Contudo, de acordo com os pressupostos teóricos vigotskinianos, essa expectativa dificilmente é confirmada, pois a aprendizagem de um conceito científico não é imediata, antes ocorre de forma gradativa.

Dessa maneira, é aceitável, mesmo após a realização da AEI, os alunos apresentarem respostas, às questões propostas nesse questionário, incompletas ou apenas parcialmente corretas, pois a complexidade das explicações dadas depende da ZDP de cada aluno (ou grupo de alunos). Nesse sentido, mais importante que levantar a quantidade de acertos e erros dos alunos é reconhecer as limitações de suas respostas às questões propostas,

pois esse diagnóstico permitirá ao docente planejar e desenvolver algumas ações didáticas – como, por exemplo, rever a explicação teórica e a propor atividades complementares - que levem os estudantes a confrontar seus modelos explicativos com os modelos científicos contextualmente aceitos, possibilitando a eles uma contínua e progressiva evolução conceitual. É nessa perspectiva que procuramos analisar as respostas dos grupos às questões propostas no questionário conceitual, apresentadas nesta seção.

4.1.2 Questionário diagnosticando dificuldades

Este questionário está disponível, em seu formato original, no Apêndice F. Ele é composto por nove questões dissertativas com o objetivo de avaliar as dificuldades encontradas pelos alunos durante a construção do termômetro e o entendimento deles sobre o seu funcionamento, conforme já comentamos anteriormente. Outro propósito deste questionário era que suas questões - uma vez que visavam levantar informações a respeito da prática experimental realizada pelos estudantes - contribuíssem para os grupos escreverem, posteriormente, o relatório da AEI.

Apresentaremos, a seguir, cada uma das questões, na mesma ordem em que foram colocadas para os estudantes, acompanhadas das respostas dos respectivos grupos de trabalho e do nosso comentário (não necessariamente ao final de cada questão).

Questão 1: “Vocês conseguiram encontrar os materiais necessários para construir o termômetro facilmente? Descreva como/onde vocês obtiveram esses materiais.”

Objetivo: O objetivo desta questão era apenas verificar se os materiais utilizados pelos alunos foram facilmente encontrados ou se houve algum transtorno nessa tarefa.

Resultados:

Grupo I: “*Sim, o tubo de ensaio conseguimos no posto de saúde, canudo de refrigerante, álcool e o corante com o professor.*”

Grupo II: “*Sim, com o auxílio do professor em sala de aula.*”

Grupo III: “*Sim. Porque possuíamos os materiais em casa.*”

Grupo IV: “*Sim Os materiais foram tubo de ensaio: sangue²⁰, como bulbo que encontramos na farmácia; o canudo como tubo capilar, que encontramos em lanchonetes; álcool como líquido (substância termoquímica) álcool mercado; corante professor emprestou*”

Grupo V: “*Sim Encontramos O tubo de um colega de sala, o frasco na casa do walace e a rolha em um bar e o álcool na casa do walace tambem junto com a cola*”.

Grupo VI: “*Não, foi difícil encontrar alguns materiais. Tubo de ensaio de coleta de sangue (bubo); canudo de refrigerante (tubo capilar)*”

Grupo VII: “*Sim. Bubo encontramos na casa da tia da Bianca, o tubo capilar é uma pulseira que brilha no escuro.*”

Questão 2: “*Esses materiais tiveram algum custo? Quanto?*”

Objetivo: Com essa questão pretendíamos verificar se houve algum custo, e de quanto foi, para os alunos realizarem o experimento e se, portanto, é um experimento viável de ser realizado em escolas pertencentes a comunidades mais carentes.

Resultados:

Grupo I: “*Não.*”

Grupo II: “*Não.*”

Grupo III: “*Sim. só a cola quente. R\$ 0,30.*”

Grupo IV: “*Menos de 10,00 reais apenas.*”

Grupo V: “*Não*”

Grupo VI: “*Não*”

Grupo VII: “*Não*”

²⁰ Os alunos estavam se referindo aquele tubo de ensaio utilizado para coleta de sangue em laboratórios de análises clínicas.

Comentário:

As questões 1 e 2 mostram que o experimento pode ser montado pelos alunos sem maiores dificuldades, pois os materiais são facilmente encontrados, até mesmo sem custo algum. Apenas o grupo VI encontrou certa dificuldade para arranjar os materiais enquanto que o grupo IV foi o único que teve um custo considerável com os materiais, em relação aos demais grupos, mas ainda assim baixo se considerarmos o valor rateado entre os cinco integrantes.

Questão 3: “Vocês encontraram alguma dificuldade para montar o termômetro conforme planejaram?”

Objetivo: O objetivo desta questão era apenas estimular os alunos a escreverem sobre as dificuldades enfrentadas por eles ao realizar a AEI.

Resultados:

Grupo I: *“Sim, porque a princípio nosso tubo capilar era pequeno, assim a substância termométrica iria se dilatar muito assim derramando.”*

Grupo II: *“Sim. O primeiro termômetro construímos com o material errado.”*

Grupo III: *“Sim. Quando tentamos vedar a junção entre o tubo capilar e o bulbo.”*

Grupo IV: *“Encontramos algumas dificuldades mas em fim conseguimos chegar a onde queríamos.”*

Grupo V: *“Não só na ora de calibrar fora isso nenhuma dificuldade”*

Grupo VI: *“Sim, a lâmpada era muito grande, foi difícil encontrar o tubo de ensaio de coleta de sangue.”*

Grupo VII: *“Não.”*

Comentário:

Pelas respostas acima, notamos que apenas o grupo VII relatou não ter encontrado dificuldade para montar o termômetro conforme haviam planejado. Esta resposta

se deve, provavelmente, ao fato de ser este o único grupo a conseguir montar o termômetro com êxito, sem a necessidade de replanejar a sua construção. Embora o grupo V tenha afirmado não ter enfrentado dificuldade, em seguida aponta que somente tiveram problema com a calibração do termômetro (aliás, esse foi o único grupo que não conseguiu calibrar o termômetro). Dos grupos que apontaram algum obstáculo durante a construção do experimento, somente o grupo I esboçou uma explicação, intuitiva, para o problema apontado.

Apesar da maioria dos grupos ter se deparado com algum problema durante a realização da AEI, praticamente todos conseguiram superar esses obstáculos. Na verdade, essas dificuldades foram importantes para fomentar o debate e o intercâmbio de informações entre os alunos e entre estes e o professor, embora tenha faltado motivação para os estudantes escrever e relatar, com fundamentos científicos, as experiências vividas durante o desenvolvimento da atividade.

Questão 4: “Durante a montagem do termômetro vocês perceberam alguma situação que ofereceu risco de se machucarem?”

Objetivo: Verificar se durante a montagem do termômetro (que foi realizada fora do horário de aula e, portanto, sem a supervisão do professor) os alunos ficaram expostos a algum risco de acidente.

Resultados:

Grupo I: “*Não.*”

Grupo II: “*Sim. Ao utilizar a furadeira, ocorreu o risco de machucar o dedo*”

Grupo III: “*Sim. Quando furamos a tampa com a furadeira.*”

Grupo IV: “*Não*”

Grupo V: “*Não nenhum momento*”

Grupo VI: “*Sim, tivemos receio de quebrar a lâmpada*”

Grupo VII: “*Sim, me machuquei com o estilete*”

Comentário:

Apesar da orientação do material para buscar soluções simples para a montagem do termômetro os alunos tentaram improvisar utilizando ferramentas e materiais não recomendados. Por um lado, isso é interessante, pois mostra empenho e interesse por parte deles, mas, por outro, coloca em risco a integridade física dos alunos. Nesse sentido, seria mais conveniente que a montagem do experimento fosse realizada em sala de aula sob a supervisão do professor que, além de orientá-los, também zelaria para que instrumentos e/ou procedimentos inadequados não fossem utilizados. Embora não haja necessidade de um laboratório com equipamentos sofisticados para que uma aula prática de Ciências seja bem sucedida (SOUZA; OLIVEIRA, 2010), uma sala reservada para essa finalidade, com bancadas, contendo pia, torneira e bancos ao invés da grande quantidade de carteiras e cadeiras, por exemplo, seria muito útil na escola, pois com um ambiente apropriado para a realização de aulas experimentais, os riscos de acidentes reduzem consideravelmente, possibilitando uma gama bem maior de práticas.

Questão 5: “Vocês conseguiram calibrar o termômetro?”

Objetivo: Com esta questão pretendíamos apenas verificar se os alunos conseguiram, apesar das dificuldades encontradas, calibrar o termômetro.

Resultados:

Grupo I: “*Sim.*”

Grupo II: “*Sim.*”

Grupo III: “*Sim.*”

Grupo IV: “*Sim. mas não foi possível medir a temperatura do termometro*”

Grupo V: “*Não*”

Grupo VI: “*Sim,*”

Grupo VII: “*Não.*”

Comentário:

Nesta questão temos duas respostas incoerentes, a do grupo IV e a do grupo VII. Os dois grupos, além de calibrarem o termômetro também conseguiram utilizá-lo para medir a temperatura do ambiente, por exemplo, conforme relatamos no capítulo 5. Essa resposta também é inconsistente com a resposta dada por eles na questão 3, 6 e 7 deste questionário. Pode ser que esses dois grupos não tenham compreendido muito bem essa questão ou estivessem se referindo a algum momento particular da atividade e não após a sua conclusão.

Questão 6: “O termômetro que vocês construíram funcionou conforme o previsto ou foi necessário algum ajuste ou modificação para que funcionasse? Quais?”

Objetivo: O objetivo desta questão era que os alunos apontassem quais os ajustes que eles realizaram para solucionar os problemas que surgiram no decorrer do trabalho experimental.

Resultados:

Grupo I: *“O primeiro não funcionou, modificamos ele, houve alguns ajustes para que assim ele funcionasse perfeitamente.”*

Grupo II: *“Não, tivemos que trocar o bulbo de plástico por um de vidro.”*

Grupo III: *“Depois de varias tentativas mas nós fizemos várias tentativas. Trocamos o vidro que era muito grosso e o canudo que era muito largo para pouco líquido.”*

Grupo IV: *“Sim.”*

Grupo V: *“Não.”*

Grupo VI: *“Sim.”*

Grupo VII: *“Sim,”*

Comentário:

Nota-se que apenas os grupos II e III apontaram alguma modificação que fizeram no termômetro para que ele funcionasse, mas apenas superficialmente, sem explicar a

razão dessas alterações no experimento. O grupo I, por sua vez, menciona que foi necessário fazer algumas modificações para que o termômetro funcionasse, mas não diz quais foram essas alterações. Apesar dos grupos IV e VI terem respondido apenas “sim”, durante a prática experimental eles tiveram que realizar algumas modificações – como, por exemplo, a substituição dos recipientes utilizados como bulbo - para que o termômetro funcionasse. Já o grupo V, por ter executado a montagem na última hora, foi o único grupo a não ter tempo de promover reformulações no seu experimento, por isso à resposta foi simplesmente “não”.

Questão 7: “Com esse termômetro foi possível medir a temperatura de algo? O quê?”

Objetivo: Esta questão tinha por objetivo apenas verificar se após a montagem do termômetro os alunos conseguiram utilizá-lo para fazer alguma medida de temperatura.

Resultados:

Grupo I: “*Sim, medimos a temperatura do corpo humano*”

Grupo II: “*Sim. A temperatura ambiente.*”

Grupo III: “*Sim. A temperatura do nosso corpo*”

Grupo IV: “*Sim, do ambiente (mão)*”

Grupo V: “*Não ele era aquecido e comersara a vazar*”

Grupo VI: “*Sim, do ambiente*”

Grupo VII: “*Sim, do corpo humano, e da fuzão gelo/agua*”

Comentário:

Por essas respostas, verificamos que a maioria dos grupos conseguiu solucionar os problemas que apareceram inicialmente na execução da AEI.

Questão 8: “Se o termômetro que vocês construíram funcionou, explique como ele funciona.”

Objetivo: O propósito desta questão era averiguar se os alunos compreenderam o princípio de funcionamento do termômetro de coluna líquida que haviam construído.

Resultados:

Grupo I: *“Ao segurarmos no bulbo com as mãos passamos calor para ele, que dilata o álcool fazendo-o subir a temperatura.”*

Grupo II: *“Colocando o termômetro em um determinado lugar esperando que o álcool se aqueça e com isso mostrando a temperatura daquele local que se colocou o termômetro.”*

Grupo III: *“A gente colocou em um determinado local e esperamos até ele entrar em equilíbrio térmico.”*

Grupo IV: *“funciono através da temperatura que devemos aquecer para que o termômetro possa subir a temperatura (transferência de calor)”*

Grupo V: *“Ele não funcionou”*

Grupo VI: *“Entrando em equilíbrio com a temperatura do corpo e do gelo”*

Grupo VII: *“o bulbo aquece ou resfria o álcool que se dilata ou se contrai subindo ou descendo pelo tubo capilar”*

Questão 9: *“Com essa atividade é possível descrever o funcionamento dos termômetros comerciais? Explique.”*

Objetivo: Com esta questão queríamos examinar se os alunos conseguiam relacionar o funcionamento de um termômetro de coluna líquida comercial com o que eles construíram, percebendo que o princípio de funcionamento era o mesmo nos dois casos.

Resultados:

Grupo I: *“Sim, um termômetro comercial entrando em contato com o corpo humano o mercúrio se dilata se estendendo pelo tubo capilar, marcando a temperatura”*

Grupo II: *“Sim Conforme a temperatura do termômetro se contrae e se dilata.”*

Grupo III: *“Sim. Pois sabemos o que ocorre desde inicio até o fim do processo de medição de temperatura de um termometro”*

Grupo IV: *“Sim, porque funciona do mesmo jeito que o de coluna liquida que construimos”*

Grupo V: *“Não Atividade não teve susesso.”*

Grupo VI: *“Sim, porque se a escala térmica se estiver de acordo com o outro acerta, e se não erra”*

Grupo VII: *“sim. o bubo vai tramitando temperatura parara o liquido que vai subindo ou desendo pelo tubo capilar”*

Comentários:

Tanto na questão 8 quanto na questão 9, notamos que apesar de apresentarem uma concepção correta do funcionamento do termômetro de coluna líquida, os alunos demonstraram ter muita dificuldade para articular as ideias, de forma que as respostas nos parecem um tanto confusas. Na questão 9 vemos que o conceito espontâneo “transferência de temperatura” é novamente utilizada pelo grupo VII. O uso recorrente desta concepção por alguns grupos se deve, fundamentalmente, à sua relação direta com a experiência imediata dos estudantes, uma vez que mudanças de temperaturas entre dois ou mais sistemas é frequentemente observada por eles no cotidiano (ao misturar café quente com leite frio, por exemplo, as pessoas, em geral, notam que a temperatura do café diminui e a do leite aumenta, ficando a mistura morna). Já a interpretação das variações de temperaturas como resultado da troca de energia entre esses sistemas, cientificamente aceita, não tem relação com o mundo vivencial desses alunos, antes parte de uma definição verbal e formal em um elevado nível de abstração e de complexidade lógica. Assim, em muitas situações de aprendizagem escolar, os conceitos espontâneos acabam predominando sobre os científicos.

4.1.3 Relatório da atividade experimental

Um dos propósitos de envolver estudantes, principalmente do Ensino Básico, em atividades investigativas na sala de aula, é aproximar o aluno do trabalho científico, ou seja, aproximá-lo do “*fazer Ciência*”. Uma etapa muito importante de um trabalho investigativo consiste na divulgação dos resultados obtidos pelo pesquisador ou grupo de pesquisadores. Essa difusão pode ser feita de diversas maneiras como, por exemplo, por meio de relatórios, publicações em periódicos, apresentação de painéis e/ou exposição oral em eventos específicos organizados pela comunidade científica. Nesse sentido, se torna fundamental que os resultados da investigação sejam divulgados pelo aluno ou grupo de alunos por meio de painéis espalhados na sala de aula ou pátio da escola, seminários realizados pelo aprendiz, ou grupo de estudantes, ou relatórios da atividade que possa ser lido por outras pessoas, como os colegas da classe e/ou professor, por exemplo. Tais atividades possibilitam aos alunos externalizarem os significados captados dos conteúdos científicos trabalhados em sala de aula, favorecendo, assim, novos intercâmbios de significados entre os próprios alunos e entre estes e o professor, que tem a função (como parceiro mais capaz) de verificar se os significados apropriados pelos aprendizes são aqueles que ele pretendia ensinar (ou seja, aceitos no contexto da Ciência). Dessa forma, a divulgação dos resultados da AEI pelos estudantes proporciona ao docente um diagnóstico da sua turma, muito importante para o replanejamento das suas ações pedagógicas visando às ampliações conceituais de seus alunos.

Neste trabalho, devido à proximidade do encerramento das atividades letivas do primeiro semestre, achamos melhor que os grupos elaborassem um relatório da AEI realizada. Em virtude da inexperiência desses alunos em escrever relatórios, procuramos previamente orientá-los por meio de um guia (vide Apêndice D) que foi entregue a eles. Esperávamos, dessa forma, oportunizar a esses alunos um momento para a reflexão e sistematização da atividade realizada, ou seja, um espaço para eles relatarem de forma organizada e sintetizada aquilo que foi vivenciado durante a prática experimental (objetivo do experimento, os materiais que foram utilizados, o esquema experimental desenvolvido, os procedimentos adotados para a execução do experimento, as reformulações realizadas no experimento, os resultados obtidos e as conclusões do grupo). De certo modo, buscávamos também obter, por meio dos relatórios, informações que revelassem o entendimento desses aprendizes sobre os conceitos estudados e a prática realizada.

Como não havia tempo para essa tarefa ser realizada em sala de aula, combinamos com os estudantes que ela seria feita fora do horário de aula e demos um prazo de uma semana para eles, conforme mencionamos anteriormente no capítulo 3.

Apesar do nosso empenho para incentivá-los nessa tarefa, que para eles se mostrou ser a mais árdua de todo o trabalho, e da discussão sobre a importância dessa atividade para o processo de ensino-aprendizagem, dois grupos (II e III) não entregaram essa tarefa. Com relação aos grupos que entregaram (I, IV, V, VI e VII), percebemos que eles tiveram dificuldades para seguir nossas orientações, pois acabaram escrevendo textos muito breves sem a devida coerência e formalismo de um relatório. Observamos também que esses alunos têm muita dificuldade para articular as ideias e ainda cometem muitos erros ortográficos, o que não deveria ser natural para um 2º Ano do EM. A seguir comentaremos sucintamente cada um dos relatórios.

Grupo I: Este grupo relatou a AEI por meio de um texto corrido, ou seja, sem a divisão formal por tópicos, conforme a sugestão do guia que entregamos a eles. Mesmo assim notamos que, de certa forma, o texto procurou contemplar o objetivo da atividade, os materiais que foram utilizados, algumas dificuldades enfrentadas durante a prática, o procedimento experimental, os resultados e uma conclusão, sendo que esses itens foram descritos em parágrafos muito resumidos (ver figura 15). Para uma pessoa que não acompanhou o trabalho de perto dificilmente conseguiria entender a AEI apenas lendo esse relatório. A conclusão, por exemplo, diz muito pouco do que eles vivenciaram e aprenderam com o experimento, figura 15 (a). Nota-se que o grupo conclui que apenas houve diversas dificuldades e que para superá-las foi necessária a contribuição do professor, mas não discorrem sobre quais foram essas dificuldades, como eles superaram-nas e o que aprenderam com elas, tão pouco descrevem como foi a interação do grupo com o professor e de que forma se deu a assistência do professor para que eles conseguissem superar os obstáculos que se apresentaram durante a prática. Ao final do relatório (figura 15.b) é apresentado um esquema experimental do termômetro que construíram sem qualquer detalhamento dos materiais e procedimentos de montagem utilizados.

Figura 15 - Relatório elaborado pelo grupo I. (a) Primeira página do relatório. (b) Segunda página do relatório.

Temos como objetivo construir um termômetro de coluna líquida. Pensamos á principio nos matérias que encontraríamos com mais facilidade, são eles:

Tubo de ensaio , utilizaremos como o Bulbo, canudo de borrifador , como tubo capilar , cola de PVC.

A principio pesamos que tudo daria certo, mais não tivemos muito sucesso, então mudamos alguns materiais, prevaleceu somente o tubo de ensaio.

Como o tubo capilar foi muito pequeno, mudamos para um canudo de refrigerante, por ser maior sua extensão. Não utilizamos também a cola de PVC e sim Aralditi , para vedar o tubo para o bulbo.

Colocamos o álcool juntamente com o corante da cor vermelha. Após essa etapa começamos o processo de calibração do termômetro , fizemos a primeira marcação que é quando o álcool fica em sua posição inicial sem quaisquer alteração de temperatura, próximo passo colocar o termômetro em contato com as mãos do ser humano, cerca de 20 minutos , então marcamos ate onde ele se dilatou, depois esperamos mais cinco minutos para que tenhamos certeza que ele não irá se modificar. Após essa etapa colocamos o termômetro dentro de um copo de gelo para demarcarmos a contração do liquido. Assim temos sua escala.

Conseguimos medir a temperatura do corpo humano e ficar próximo á temperatura medida utilizando um termômetro comercial. Chegamos a esse resultado dividindo a variação de temperatura pela altura.

$$36^{\circ}\text{c} + 45 \text{ mm} = 0,8 \text{ c/mm}$$

Á temperatura ambiente está em 22°c e no termômetro comercial marca $22,5^{\circ}\text{c}$.

Concluimos que , para se montar um termômetro existem inúmeras dificuldades que a cada etapa foram superadas com auxilio do professor .

(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Grupo IV: Este grupo foi o que mais atentou às nossas orientações ao escrever o relatório da AEI. Os alunos dividiram o relatório em quatro tópicos: *Objetivo*, *1ª Experiência*, *2ª Experiência* e *Conclusão*, como pode ser observado na figura 16.

No item *1ª experiência*, eles discorreram sobre a primeira proposta elaborada pelo grupo para a construção do termômetro de coluna líquida. Embora muito resumidamente, eles citaram os materiais que pretendiam utilizar e como executariam a montagem experimental, apresentando um esquema dessa montagem. Por fim eles argumentaram sobre alguns fatores que comprometeria o funcionamento do experimento, motivo que os levaram a abandonar essa ideia e planejar outra montagem experimental.

Já no item *2ª Experiência* eles escreveram justamente sobre essa outra montagem experimental, citando os materiais que foram utilizados e como eles foram obtidos, justificando a escolha desses materiais. Depois descreveram, de forma bem resumida, o procedimento de calibração do termômetro e construção da escala, assim como apresentaram o resultado obtido ao testar o termômetro. Eles encerraram esse tópico colocando um esquema dessa nova montagem experimental.

Diferentemente do grupo I, esse grupo faz uma conclusão apontando algumas das dificuldades encontradas durante a atividade, além de comentar sobre o fato de terem aprendido sobre o funcionamento de um termômetro de coluna líquida, sobre alguns conceitos físicos envolvidos nesta prática experimental e também a trabalhar em grupo. Ainda fizeram um paralelo da atividade realizada por eles com o trabalho dos cientistas e por fim comentaram que a atividade possibilitou a eles refletir sobre a presença da Física no cotidiano deles. Tudo isso de forma muito breve e superficial, conforme podemos ver na figura 16 (c).

Figura 16 - Relatório do grupo IV. (a) Primeira página do relatório. (b) Segunda página do relatório.

(c) Terceira página do relatório.

Relatório

Objetivo

Neste trabalho o objetivo era construir um termômetro de coluna líquida.

1ª Experiência – MATERIAIS UTILIZADOS

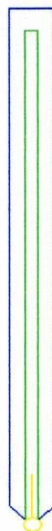
Na primeira experiência pensamos em construir um termômetro de coluna líquida com o bulbo de plástico (tubo externo da caneta), utilizaríamos como tubo capilar (tubo interno da caneta), fecharia com um alfinete e colocaríamos álcool. Esses materiais seriam achados em papelarias e lojas de costuras. Esses materiais foram escolhidos, pois tinham baixos custos e eram de fácil acesso. Neste caso, o termômetro não funcionaria direito, pois a pressão do ar iria atrapalhar, além de que o plástico não é bom condutor térmico se compararmos com o vidro e ainda teríamos problemas na passagem do colar para o alfinete.

Bulbo – Parte Externa da Caneta

Tubo Capilar – Parte Interna da Caneta

Alfinete

Substância Térmica - (Álcool) Dentro da Parte Interna da Caneta



(a)

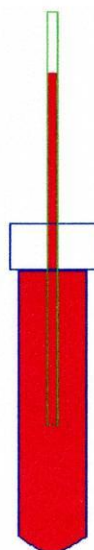
2ª Experiência – MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados foram tubo de ensaio de sangue, como bulbo, canudo como tubo capilar, álcool como substância química. O bulbo era de vidro porque ele adquire calor mais rapidamente do que o plástico. O álcool porque ele aquece mais rápido que a água, além de não sofrer problemas quando chega a temperaturas entre 0°C a 4°C. Os materiais foram obtidos em farmácias e lanchonetes, além de terem um custo barato. Toda a montagem do experimento foi manual. Para calibrar o termômetro de coluna líquida foi usada a mão para aquecer até chegar ao equilíbrio térmico, assim foi marcado o primeiro ponto com uma caneta (no canudo) – Neste local marcado representa 36°C. Depois foi colocado o termômetro de coluna líquida no gelo e também marcou o ponto (no canudo) – Neste local foi marcada a temperatura do gelo. Após o processo anterior, foram divididos em graus através do cálculo (Delta T)36°C/20 mm de comprimento entre os dois principais pontos. Esse resultado, é igual a 1,8°C por mm, então fizemos a escala de dois mm. Finalizamos medindo o ambiente com o termômetro de coluna líquida comercial que apresentou 23° e depois com o nosso que resultou 21,6°C, ou seja, uma pequena diferença, o que muda entre eles são os materiais, pois a base é igual

Bulbo – Tubo de ensaio de sangue(vidro)

Tubo Capilar – Canudo (2mm)

Substância Térmica - (Álcool) Dentro da Parte Interna da Caneta



(b)

Conclusão

Todo material utilizado foi analisado e escolhido pelo grupo através de discussões até chegar a um consenso. Conclui-se que o trabalho foi um pouco difícil para fazer, por causa da calibração do bulbo, pois houve defeito dos materiais (como o desprendimento da cola que prendia o canudo no bulbo). Refizemos a experiência por duas vezes e na terceira vez deu tudo certo. O principal fator desse trabalho, foi que aprendemos a trabalhar em grupo, entendemos o processo de um termômetro, sentimos na pele o que o cientista teve de dificuldade para criá-lo, além de entender sobre a propagação do calor nos materiais, além do equilíbrio térmico, e isso serviu pelo menos para que pudéssemos refletir que a física está presente na nossa vida e rejeitá-la e a maior negação que podemos fazer.

(c)

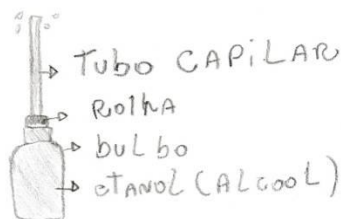
Fonte: Elaborado pelo autor.

Grupo V: Este grupo, assim como o grupo I, relatou a AEI por meio de um texto corrido e bastante resumido. Embora o relatório não apresentasse uma divisão por tópicos, como normalmente se costuma fazer, o seu conteúdo estava disposto na sequência sugerida pelo professor, como podemos observar na figura 17 (as palavras manuscritas e os traços em vermelho foram feitos pelo professor durante a avaliação do relatório). Primeiramente eles apresentaram o objetivo da atividade, depois os materiais utilizados, seguido de um esquema da montagem experimental, o qual mostra também o líquido entornando pelo tubo capilar (problema vivenciado pelo grupo). Em seguida eles descrevem passo a passo o procedimento adotado na construção do termômetro e finalizam apontando os problemas que inviabilizaram o seu funcionamento, bem como as possíveis modificações que poderiam ser realizadas para solucionar esses problemas, mas que eles não tiveram tempo de fazer por motivos já comentados anteriormente no capítulo 3. Verificamos, no entanto, que este grupo finalizou o relatório sem apresentar uma conclusão do trabalho.

Figura 17 - Relatório do grupo V.

O objetivo desta atividade é a construção de um termômetro de coluna líquida. Utilizaremos os seguintes materiais:

- Um frasco de remédio descartável;
- Uma rolha de vinho encontrada em um bar;
- Tubo de carga da caneta;
- Super-bonder;
- Álcool;



Procedimentos:

Em primeiro lugar colocamos em cima de uma mesa todos os materiais que iremos utilizar.

Em segundo lugar limpamos a boca do bulbo.

Em terceiro lugar furamos a rolha com uma broca de 3,7mm e logo em cima colocamos super-bonder no tubo capilar e introduzimos na rolha.

Em quarto lugar em alguns minutos a cola seca e preenchemos o bulbo com a substância informada.

Em quinto lugar colocamos super-bonder na parte externa da rolha e logo após, introduzimos no bulbo.

Em sexto lugar iniciamos a calibração, colocando o termômetro em um copo com gelo e esperamos até que fique em equilíbrio com a temperatura do mesmo.

E através do gelo a substância (álcool) se comprimiu, não aparecendo no tubo capilar e se colocássemos mais substância na hora da dilatação ele entornaria.

Portanto, todas essas aulas serviram para os alunos entenderem o termômetro e projetá-lo.

Segue abaixo a composição do termômetro:

- Um bulbo;
- Um tubo capilar;
- Uma substância termométrica e
- Uma escala termométrica.

Resultados:

O mesmo não tem ar no bulbo, tendo um tubo capilar comprido no caso de entonação, e a calibração correta mede tudo.

Em nosso termômetro ocorreram alguns problemas:

1. Ar dentro do bulbo;

Solução: Retirada da rolha com o tubo e complementação da substância faltante;

2. Tubo capilar em comprimento menor do que deveria;

Solução: Retirada da rolha novamente e a troca do tubo capilar por um de comprimento maior.

Conclusão?

Fonte: Elaborado pelo autor.

Grupo VI: Este grupo entregou um relatório bastante informal e confuso da AEI. Eles procuraram relatar a prática experimental por semanas de trabalho. No entanto, não ficou claro no texto qual era o objetivo da atividade, qual o procedimento experimental utilizado por eles e não apresentaram uma conclusão do trabalho. Primeiramente o grupo relatou sobre o experimento que deu certo e por último as montagens que fracassaram. O texto não é estruturado em começo, meio e fim, ou seja, o relatório não tem muito nexos, como

podemos ver na figura 18. O trecho inicial do relatório, “1ª semana” (figura 18.a), ilustra a dificuldade que esses alunos têm para expressar suas ideias por escrito. Eles nem se deram conta da expressão contraditória “vidro de plástico” que escreveram, ao invés de frasco ou recipiente de plástico. Já as palavras finais mostram a informalidade com que o grupo escreveu o relatório, indicando que esses alunos ainda não conseguem distinguir entre um texto formal como um documento, um relatório, um artigo, por exemplo, e um texto informal, como uma carta ou e-mail enviado a um colega.

Figura 18 - Relatório do grupo VI. (a) Primeira página do relatório. (b) Segunda página do relatório.

1ª Semana:

Trouxemos os materiais, mas faltava muita coisa o problema é que o vidro de perfume era muito grande e também de plástico transparente para ter uma melhor visualização, por causa o vidro ser de plástico isso demorava muito mais para se dilatar é importante lembrar que deveria ser de vidro.

Na 2ª experiência procuramos todos os materiais alguns conseguimos outros não, mas o bulbo foi muito difícil de se encontrar, quando fomos pedir em hospitais e clínicas disseram que não poderia entregar mas o professor arrumou o tudo de coleta de sangue e nos usamos como o bulbo

2ª semana:

Usamos o tubo ensaio de coleta de sangue de vidro nos qual foi mais fácil de trabalhar por ser pequeno e também, ter mais facilidade de ocorrer a dilatação nós usamos um canudo de refrigerante transparente para ter uma boa visualização do líquido. o líquidos que nos usamos foi o álcool nos também colocamos no álcool corante vermelho, nos vedamos todos os lugares que poderiam vazarem, colocamos o álcool no bulbo enchemos até a borda, depois colocamos a tampa com o canudo vedado

3ª semana:

Nós montamos a escala termométrica primeira mente um de nós ficamos segurando o termometro aproximadamente 30 minutos até ele atingir a temperatura do corpo humano partir dai colocamos no gelo até ele atingir 0°C, no espaço do canudo montamos a escala que deu 2 em 2 centímetros.
Experiências que não derão certos

A primeira foi com o vidro de perfume ele era muito grande

(a)

aproximadamente 150 ml e também era de plástico talvez não daria para ocorrer a dilatação eo canudo era de suco muito grosso teria que ser um pouco mais fino.

A segunda foi feita com uma lâmpada achamos que por causa de ser muito fina o vidro iria ocorrer uma grande dilatação, mas quando chegamos em sala de aula o professor falou que o bulbo era muito grande e o álcool demoraria muito tempo para ter a dilatação o canudo também estava errado pois era muito grosso.

mandarei umas fotos dos termômetros que montamos agradeço sua atenção desde já.
abraços uma ótima semana...

(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Grupo VII: A princípio esse grupo mostrou certa preocupação em seguir a orientação do professor para escrever o relatório, discriminando suas partes, como podemos ver na figura 19. Depois de apresentar o objetivo da atividade e descrever os materiais que foram utilizados na construção do termômetro, os alunos colocaram o item “*Esquema da montagem*”. No entanto, o desenho da montagem experimental só aparece depois do item intitulado por eles de “*Procedimento adotado na montagem do experimento*”, que é o último do relatório, ou seja, esse foi mais um grupo a não escrever a conclusão do trabalho. Pela forma abrupta como este grupo encerrou o texto, temos a sensação de que seus integrantes entregaram apenas uma parte do relatório, pois eles nem ao menos chegaram a comentar se a modificação feita no experimento, conforme podemos ver nas duas últimas linhas do relatório (figura 19), deu resultado.

Figura 19 - Relatório do grupo VII.

Objetivo: Construir um termômetro de coluna líquida

Materiais: Um frasco de vidro (frasco de perfume), um tubo de plástico (uma daquelas pulseiras que brilham no escuro), furadeira, rolha.

Esquema de montagem:

Procedimento adotado na montagem do experimento: usamos a furadeira para furar a rolha e passamos o tubo de plástico por dentro da rolha, enchemos o frasco de vidro até a borda e fixamos a rolha com o tubo no frasco. Depois de termos nos certificados que estava bem vedado seguramos o frasco na mão por 20 min e fizemos uma marca depois continuamos segurando por mais cinco minutos para ver se o álcool não se dilatava mais. Depois desse procedimento colocamos o frasco com álcool num copo com gelo e esperamos mais 20 min e fizemos outra marca esperamos mais cinco minutos para ver se o álcool não se contraía mais. Fazendo isto tivemos dois pontos de referencia para fazer a calibração onde medimos a distancia de um ponto a outro que foi de 86 MM e dividindo 36° por esse valor. Descobrimos quantos graus tinha por MM fizemos uma escala, que deu um problema e tivemos que refazer quando estávamos nos últimos detalhes a rolha que eu estava usando se dividiu e percebemos q teríamos um problema com isso, mudamos de estratégia fazendo uma outra forma de vedação com fita crepe e veda rosca.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Comentários:

Relatórios incompletos, textos muito breves e superficiais, ideias mal articuladas e até mesmo a informalidade da escrita, são resultados que pouco ou nada revelam a respeito da compreensão dos alunos sobre os conceitos estudados e a prática realizada, conforme esperávamos. É verdade que faltou motivação e interesse dos estudantes para realizar essa tarefa - visto que dois grupos nem chegaram a fazer o relatório e entre os que fizeram ouvimos diversos comentários do tipo “que chato ter que fazer relatório” ou ainda “é muito difícil escrever relatório” – mas não é só isso. Vale destacar aqui que esses alunos nunca haviam feito um relatório de uma atividade experimental anteriormente, até porque para a maioria desses alunos essa foi a primeira vez que participaram ativamente de uma prática experimental. Há também que se considerar a dificuldade que eles têm para escrever textos, conforme podemos observar não só pelos relatórios como também pelos questionários que eles responderam. Portanto, entendemos que esse resultado aquém da nossa expectativa é consequência de uma combinação de fatores, e não fruto exclusivo de um único elemento como, por exemplo, a falta de motivação.

Por outro ângulo, se considerarmos o contexto apontado acima, é possível enxergarmos alguns aspectos positivos nessa atividade. O fato de esses estudantes terem vivenciado a escrita de um relatório pela primeira vez é um exemplo. Certamente, numa próxima vez, eles encontrarão menos dificuldades para escrever o relatório do que os integrantes dos dois grupos que não realizaram essa atividade. Além disso, com esse resultado em mãos o professor tem condições de adotar estratégias que contribuam para o aperfeiçoamento dessa habilidade por seus alunos. Uma delas é deixar os alunos convictos dos resultados, apontando o que faltou e o que precisa ser melhorado e, quando possível, pedir a eles que refaçam ou melhorem o relatório. Infelizmente, só foi possível dar um retorno dessa tarefa aos alunos quando voltamos do recesso escolar, no primeiro dia de aula do segundo semestre. Mas por terem ficado vários dias em casa após a realização desta AEI e também por estarmos atrasados com o calendário escolar, por conta da greve dos professores no início do ano, não foi possível exigir dos alunos que refizessem o relatório.

Outra observação importante é que a orientação que demos aos grupos e até mesmo o guia para a elaboração do relatório que deixamos com eles pouco contribuiu para a execução dessa tarefa. De certa forma, isso mostra que para turmas como o 2º Ano D, com pouca habilidade de escrita e sem experiência na elaboração de relatório experimental, é

necessário uma orientação mais direta do professor. Uma possibilidade seria a realização dessa tarefa durante a aula, para que o professor pudesse acompanhar de perto o trabalho dos alunos e já dar o retorno na medida em que fosse observando os problemas. Outra possibilidade seria o professor construir o primeiro relatório conjuntamente com os alunos, no quadro negro por exemplo. Afinal aquilo que os aprendizes conseguem fazer *imitando* um parceiro mais capaz hoje, amanhã serão capazes de fazer sozinhos (VIGOTISKI, 2007). Lamentavelmente não tivemos a oportunidade de nos valermos de nenhuma dessas duas possibilidades, por dois motivos: primeiro, por que acreditávamos que a orientação que havíamos dado em sala de aula e o guia que tínhamos preparado para os alunos seriam suficientes e segundo, porque não dispúnhamos de mais aulas para isso, já que estávamos finalizando o semestre.

4.1.4 Questionário “pós-trabalho”

Conforme mencionamos no item anterior, no primeiro dia de aula do segundo semestre – após o recesso escolar de julho – o processo de avaliação dos alunos referente ao relatório e aos questionários que eles responderam após a realização da AEI, principalmente do “*Questionário Conceitual*”, foi retomado. Para tanto, pedimos que eles se organizassem em grupos, conforme haviam trabalhado durante a prática, e devolvemos o relatório e os questionários para cada grupo. Em seguida passamos a apontar e discutir, de forma mais direta, principalmente, aqueles conceitos que ainda não estavam claros para eles (ou parte deles). Procuramos confrontar as concepções espontâneas manifestadas pelos alunos com os conceitos aceitos no paradigma atual da Ciência, como, por exemplo, *transferência de temperatura* com *transferência de energia*. Sabemos que essa atividade isoladamente é insuficiente para que os estudantes abandonem prontamente suas concepções e assumam as concepções científicas, mas acreditamos que esse debate pós-trabalho possa contribuir, ainda que minimamente, para uma maior aproximação entre essas concepções na estrutura cognitiva dos aprendizes. Além disso, nas aulas subsequentes, onde tratamos das Leis da Termodinâmica, procuramos retomar esses conceitos, sempre que possível, na tentativa de melhorar a compreensão dos alunos a respeito de tais ideias.

Para averiguar se a AEI que trabalhamos com essa turma contribuiu de alguma maneira para a aprendizagem dos alunos, decidimos aplicar, depois de seis meses da

realização da prática, um questionário que envolvesse conceitos e aspectos da parte experimental presentes nessa atividade. O questionário consta de um texto introdutório, para que os alunos pudessem refletir no experimento que haviam realizado, e de oito questões objetivas que, por motivos já esclarecidos na introdução desta seção, foram respondidas individualmente. Vale ressaltar que dos trinta e quatro alunos que realizaram a AEI vinte e nove responderam este questionário, que pode ser visto na íntegra no Apêndice G.

A seguir os resultados quantitativos são apresentados na forma de gráficos percentuais para o número de alunos (29) que responderam as questões, sendo que cada aluno representa aproximadamente 3,45% da turma.

Questão1: Ao planejar e construir o termômetro de coluna líquida, esse aluno deve levar em conta as variáveis que influenciam no seu funcionamento. Das variáveis listadas abaixo, qual(ais) influencia(m) no funcionamento desse tipo de termômetro? (Assinale apenas uma alternativa.)

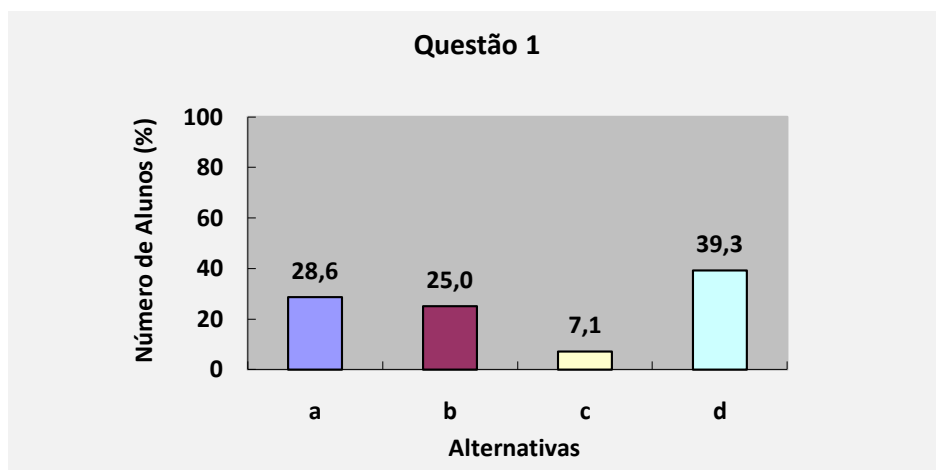
- I. O volume inicial de líquido (capacidade do bulbo).
- II. As dimensões do tubo capilar (raio e altura do canudo).
- III. O coeficiente de dilatação do líquido utilizado como substância termométrica.
- IV. O intervalo de temperatura que se pretendia medir com o termômetro.
- V. A condutividade térmica do frasco utilizado como bulbo.

- a) I e II, apenas.
- b) I, II e III, apenas.
- c) I, II, III e IV, apenas.
- d) I, II, III, IV e V.

Objetivo: Verificar se os alunos eram capazes de reconhecer as variáveis que eles trabalharam para a construção e funcionamento do termômetro de coluna líquida.

Resultado (gráfico 1):

Gráfico 1 - Resultado obtido na questão 1. Esta questão foi respondida por 28 alunos, um deles não assinalou nenhuma das alternativas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando o resultado desta questão com o da questão 1 do *questionário conceitual*, observa-se uma influência significativa do trabalho em grupo, onde prevaleceu a opinião da maioria dos estudantes sobre o assunto, já que nenhum dos grupos reconheceu a influência de todas essas variáveis na realização do experimento. Pode ter sido marcante para os estudantes o fato da maioria dos problemas vivenciados por eles durante a realização da prática estar relacionado com a capacidade do frasco (bulbo), as dimensões do canudo (tubo capilar) e a escolha da substância termométrica, evidenciando a escolha da *alternativa a* por uma parcela considerável da turma.

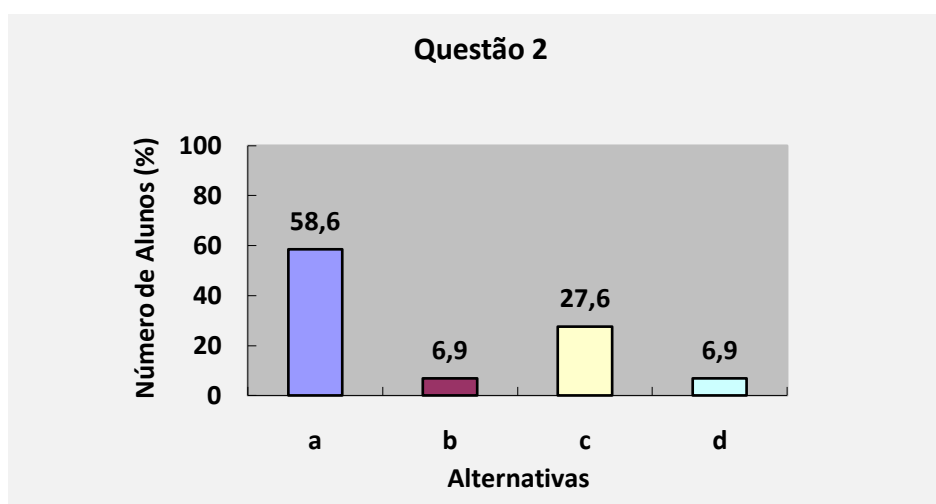
Questão 2: Considerando o tempo que o termômetro levaria para entrar em equilíbrio térmico com outro sistema à temperatura diferente, seria mais conveniente para o estudante utilizar como bulbo do termômetro um frasco de vidro ou de plástico?

- a) O de vidro, por conduzir melhor o calor do que o plástico.
- b) O de plástico, pois sua condutividade térmica é menor do que a do vidro.
- c) O de vidro, por transmitir mais facilmente a temperatura do que o plástico.
- d) É indiferente utilizar um frasco de vidro ou de plástico como bulbo do termômetro.

Objetivo: Averiguar se os estudantes compreenderam o conceito de condutividade térmica e também a importância de se atentar para essa propriedade dos materiais ao escolher o recipiente para fazer o papel de bulbo nesse experimento, principalmente, quando se pretende levar em conta o tempo necessário para o termômetro entrar em equilíbrio térmico com outro sistema.

Resultado (gráfico 2):

Gráfico 2 - Resultado obtido na questão 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico mostra que mais de 50% da turma parece ter se apropriado corretamente do conceito de condutividade térmica atingindo o objetivo da questão. Por outro lado, podemos observar que uma parcela deles ainda continua a se valer da ideia de que a condutividade térmica está relacionada com a “transferência de temperatura” entre corpos ou sistemas, indicando que esta se trata de uma concepção espontânea bastante enraizada na estrutura cognitiva desses estudantes. Apesar das discussões realizadas pelo professor, tanto durante quanto depois da atividade, este resultado mostra que é necessário tempo para os alunos se apropriarem dos conceitos científicos.

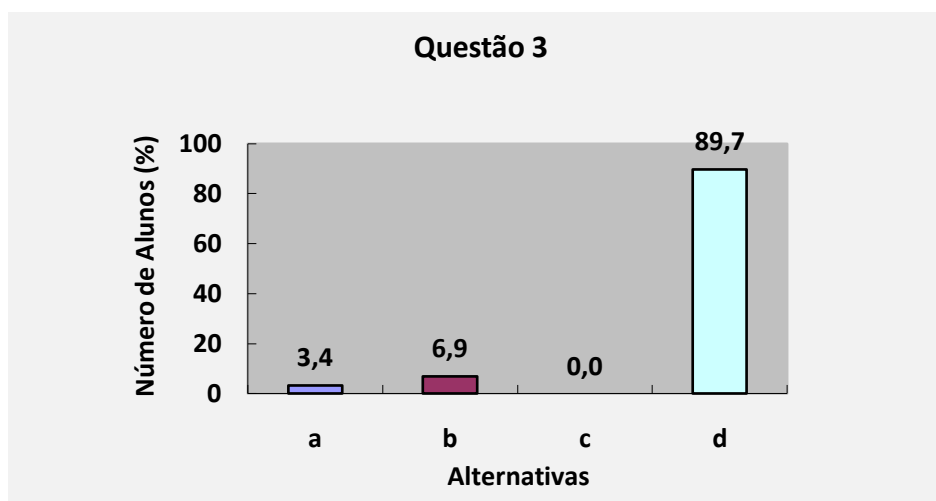
Questão 3: Segundo o texto acima²¹, para substância termométrica o estudante dispunha de duas opções: água e álcool. Dessas duas substâncias, a mais apropriada para esse fim é:

- a) a água, pois sua dilatação térmica não ocorre de forma linear.
- b) o álcool, por evaporar mais facilmente que a água.
- c) a água, por apresentar, entre 0 e 4°C, um comportamento anômalo.
- d) o álcool, pois apresenta um coeficiente de dilatação térmica maior do que a da água (ou seja, se dilata mais facilmente que uma mesma porção de água).**

Objetivo: Verificar se os alunos entenderam a ideia de coeficiente de dilatação térmica e também sobre a importância de se utilizar no termômetro uma substância que se dilate facilmente e de forma linear com a temperatura.

Resultado (gráfico 3):

Gráfico 3 - Resultado obtido na questão 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este resultado nos mostra que as intensas discussões sobre este assunto realizadas antes e após o encerramento da atividade contribuiu para que a grande maioria dos

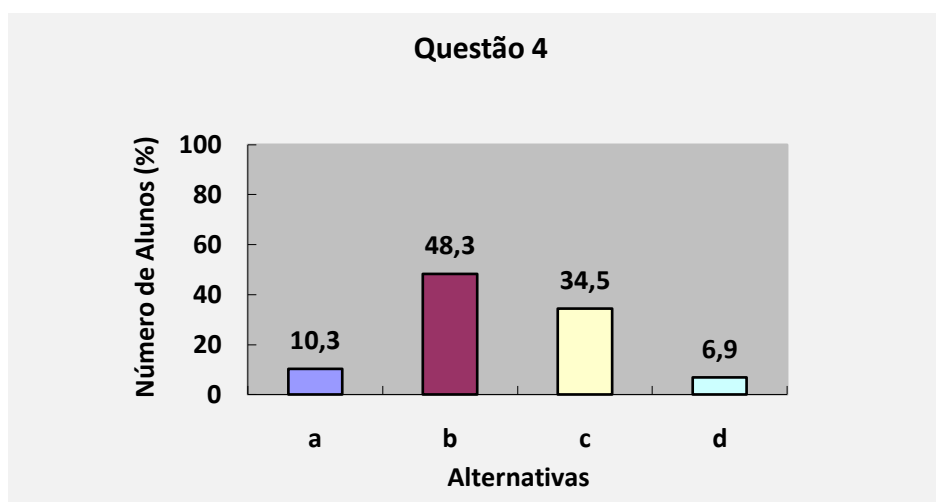
²¹ Ver Apêndice G.

alunos compreendesse a vantagem de adotar o álcool como substância termométrica ao invés da água. A opção de um aluno pela *alternativa a* é curiosa, já que durante a realização da AEI todos os grupos escolheram o álcool como substância termométrica. Provavelmente esse aluno tenha aceitado os argumentos dos parceiros de grupo durante a realização da prática, mas não tenha se convencido plenamente dessa escolha ou, então, ele esteve alheio a essa questão durante a discussão dos colegas.

Questão 4: Considere que o estudante decidiu utilizar como tubo capilar o canudo de refresco de 3 mm de diâmetro e escolheu o líquido mais apropriado pelas razões descritas na questão anterior. Nesse caso, para que o líquido não entorne pelo canudo durante a calibração do termômetro, qual dos frascos lhe é aconselhável escolher para o bulbo do termômetro, o de capacidade de 15 ml ou o de 60 ml? (Se necessário, utilize a equação que descreve a dilatação térmica do líquido: $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$, onde ΔV representa a dilatação sofrida pelo líquido, V_0 o volume inicial do líquido, γ o coeficiente de dilatação do líquido e ΔT a variação de temperatura a qual o líquido será submetido.)

- a) O de 60 ml, pois a dilatação térmica sofrida pelo líquido é inversamente proporcional ao seu volume inicial (capacidade do frasco).
- b)** O de 15 ml, pois a dilatação térmica sofrida pelo líquido é diretamente proporcional ao seu volume inicial (capacidade do frasco).
- c) Tanto faz, pois a dilatação térmica independe do volume inicial do líquido contido no bulbo do termômetro.
- d) Nenhum dos dois, pois em qualquer um deles o líquido entornará durante a calibração do termômetro.

Objetivo: Verificar se os alunos eram capazes de interpretar corretamente a equação da expansão térmica volumétrica. Particularmente, se entenderam que a variação do volume de uma substância é diretamente proporcional ao seu volume inicial e que, portanto, a capacidade do frasco utilizado como bulbo influencia no funcionamento do termômetro em questão. Caso a capacidade do bulbo não seja compatível com as dimensões do tubo capilar, o experimento ficará comprometido.

Resultado (gráfico 4):**Gráfico 4 - Resultado obtido na questão 4.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora a alternativa certa tenha sido a mais assinalada, mostrando que boa parte dos alunos conseguiu interpretar corretamente a equação da expansão térmica volumétrica e perceber a influência da capacidade do bulbo do termômetro no seu funcionamento, mais da metade da turma ainda demonstrou não entender a expressão matemática da dilatação volumétrica de uma substância. Conforme podemos constatar na questão 8 do *questionário conceitual*, esses alunos têm muita dificuldade para compreender relações direta e inversamente proporcionais, o que justifica a maioria deles ter escolhido equivocadamente outras alternativas.

Questão 5: Suponha que, após construir seu termômetro, o aluno verifique que a altura da coluna de líquido no tubo capilar (canudo de refresco) para uma temperatura ambiente de 25 °C, seja de 4,0 cm. Se ele utilizá-lo novamente depois de três dias para medir a mesma temperatura de 25 °C, a altura da coluna de líquido será a mesma?

- a) Sim, pois a temperatura medida será a mesma.
- b) Sim, desde que as medidas sejam realizadas no mesmo horário.

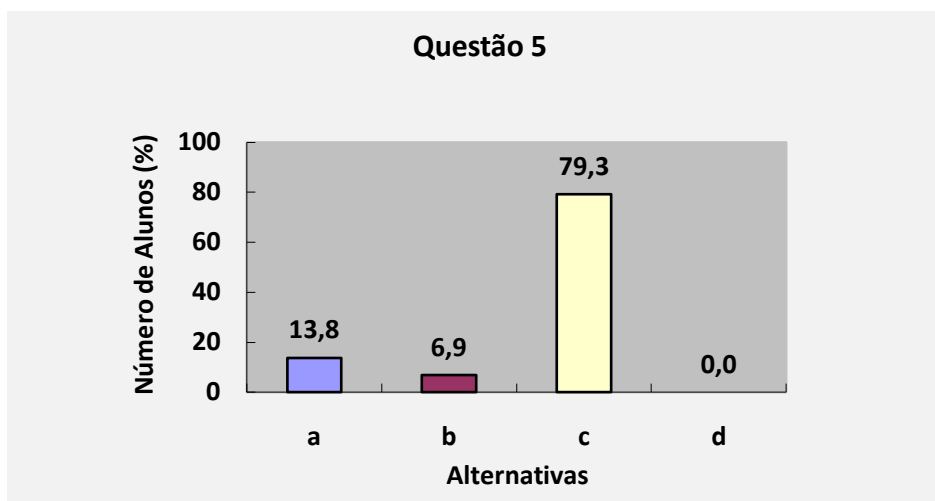
c) Não, pois depois de três dias parte do álcool terá evaporado, uma vez que o tubo capilar não é vedado.

d) Não é possível prever o que vai acontecer depois de três dias.

Objetivo: Averiguar se os alunos tinham clareza da limitação, em termos de tempo de uso, do termômetro rudimentar em questão. Como a extremidade superior do tubo capilar é aberta o álcool acaba evaporando, impossibilitando a sua utilização por um período prolongado para a mesma calibração.

Resultado (gráfico 5):

Gráfico 5 - Resultado obtido na questão 5.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico nos mostra que esta questão foi bem compreendida pela maioria dos estudantes. Esse resultado tem muito a ver com o fato de alguns grupos ter enfrentado o dilema de manter ou não o canudo (utilizado como tubo capilar) aberto quando realizaram a AEI, pois isso levou o professor a discutir com eles a consequência de se vedar o canudo e as implicações de mantê-lo aberto para o funcionamento do aparelho. Este também foi um assunto amplamente discutido durante toda a prática.

Questão 6: Ao calibrar seu termômetro, o estudante verificou que a coluna de líquido aumentou quando sua mão entrou em contato com ele. Isso aconteceu porque:

a) sua mão transferiu calor para o líquido elevando sua temperatura. Com isso as moléculas do líquido ficaram mais agitadas e começaram a se afastar umas das outras, ou seja, o líquido se expandiu.

b) sua mão transferiu temperatura para o líquido elevando sua energia térmica. Com isso as moléculas do líquido ficaram mais agitadas e começaram a se afastar umas das outras, ou seja, o líquido se expandiu.

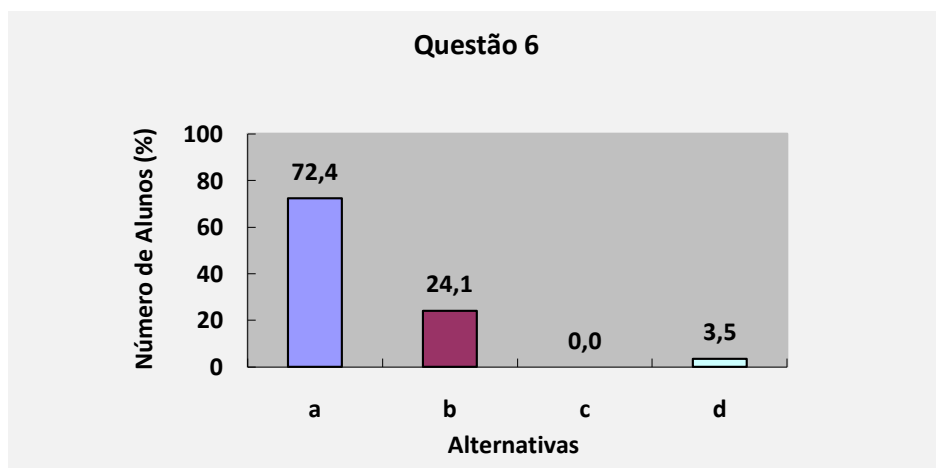
c) o líquido transferiu calor para sua mão ficando mais quente. Com isso as moléculas do líquido ficaram mais agitadas e começaram a se afastar umas das outras, ou seja, o líquido se expandiu.

d) o líquido transferiu frio para sua mão elevando sua temperatura. Com isso as moléculas do líquido ficaram mais agitadas e começaram a se afastar uma das outras, ou seja, o líquido se expandiu.

Objetivo: Verificar se os alunos compreenderam o conceito de calor como energia em trânsito entre dois ou mais corpos que estejam a temperaturas diferentes.

Resultado (gráfico 6):

Gráfico 6 - Resultado obtido na questão 6.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta questão também podemos observar que a grande maioria dos alunos demonstrou ter entendido o conceito de calor neste momento. Nota-se que a concepção alternativa “*transferência de temperatura*” ainda prevalece na turma (24,1%) em acordo com o resultado obtido na questão 2 (27,6%) onde os estudantes também utilizaram essa concepção. Um fato muito interessante nas questões 2 e 6 é que todos os alunos que marcaram a alternativa incorreta referente à “*transferência de temperatura*” na questão 2 (letra c), marcaram a alternativa correta, referente à “*transferência de calor*” na questão 6 (letra a). De maneira semelhante, dos 7 alunos que marcaram a opção incorreta (letra b) da questão 6, apenas 1 não marcou a opção correta (letra a) da questão 2. Pode-se notar ainda a influência do trabalho em grupo na resposta individual dos alunos uma vez que em todos os grupos a maioria marcou as alternativas *a* ou *c* na questão 2 e *a* ou *b* na questão 6. Como exemplo de entendimento e consenso explorados pelo trabalho em grupo, todos os integrantes do grupo II (4 alunos) marcaram a alternativa *c* (incorreta) na questão 2 e a alternativa *a* (correta) na questão 6. Como resultado positivo, vale salientar ainda que 31% da turma (9 alunos) acertaram as duas questões mostrando entendimento sobre o assunto.

Essas confusões entre conceitos em diferentes momentos se devem ao fato das concepções espontâneas e científicas conviverem juntas na estrutura cognitiva do aprendiz, sendo que a utilização de uma ou outra por certos alunos acaba dependendo da circunstância (MORTIMER, 1996).

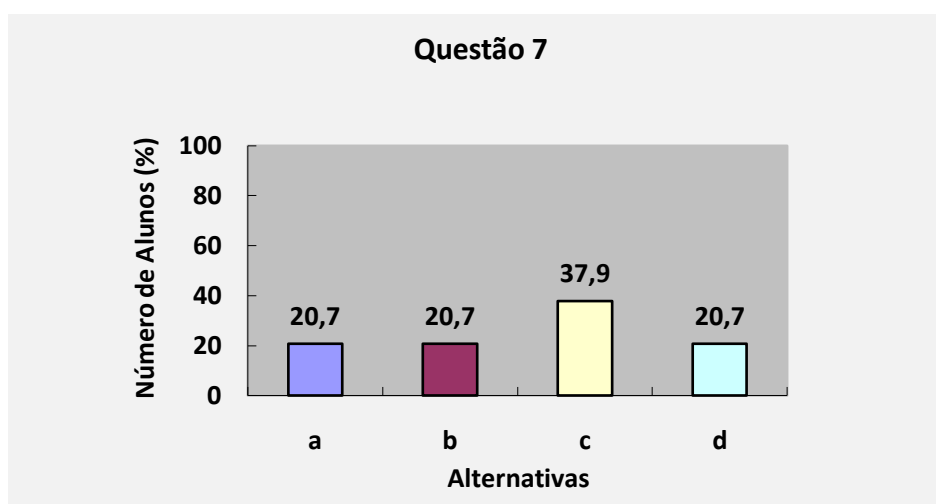
Questão 7: Para testar a lei zero da termodinâmica, o aluno pegou um copo contendo água (corpo A) e outro contendo óleo (corpo B) e introduziu o termômetro (corpo C) na água e marcou a altura da coluna de líquido do termômetro. Depois fez o mesmo para o óleo e comparou as alturas da coluna em A e B. Após esses procedimentos o aluno concluiu que a altura da coluna de líquido do termômetro é:

- a) maior em A do que em B, pois a água é mais densa que o óleo.
- b) menor em A do que em B, pois a temperatura da água é menor que a do óleo.
- c) igual em A e B, pois a água e o óleo estão à mesma temperatura.
- d) diferente em A e B, pois a água e o óleo não estão em equilíbrio térmico entre si.

Objetivo: Averiguar o entendimento dos alunos sobre a concepção de equilíbrio térmico (Lei Zero da Termodinâmica) que é um dos princípios em que se baseia o funcionamento de qualquer tipo de termômetro.

Resultado (gráfico 7):

Gráfico 7 - Resultado obtido na questão 7.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora nesta questão a alternativa correta tenha sido a mais assinalada, a maioria dos alunos demonstrou, seis meses após a realização da atividade, não ter se apropriado do conceito de equilíbrio térmico. Na questão 5 do *questionário conceitual*, todos os grupos responderam corretamente a essa mesma questão. Isso mostra que não houve fixação de um dos conceitos mais importantes e simples do trabalho, mas apenas uma memorização temporária, o que reforça a ideia de que o conhecimento científico deve ser aprimorado o tempo todo em sala de aula. Para isso é indispensável maior número de aulas semanais de Física.

Questão 8: Suponha que para construir seu termômetro, o estudante dispusesse, para fazer o papel de tubo capilar, de dois canudos de plástico transparentes, A e B, com diâmetro interno de 2 e 4mm, respectivamente. Se ele decidisse utilizar o canudo A, o comprimento deste canudo, para o mesmo volume de líquido dilatado, deveria ser:

(Lembrando que $\Delta V = \pi \cdot r^2 \cdot h$, onde ΔV representa o volume de líquido dilatado, r o raio do canudo e h o comprimento.)

a) duas vezes maior, pois, para o mesmo volume de líquido, o comprimento do canudo é inversamente proporcional ao seu raio.

b) quatro vezes maior, pois, para o mesmo volume de líquido, o comprimento do canudo é inversamente proporcional ao quadrado do seu raio.

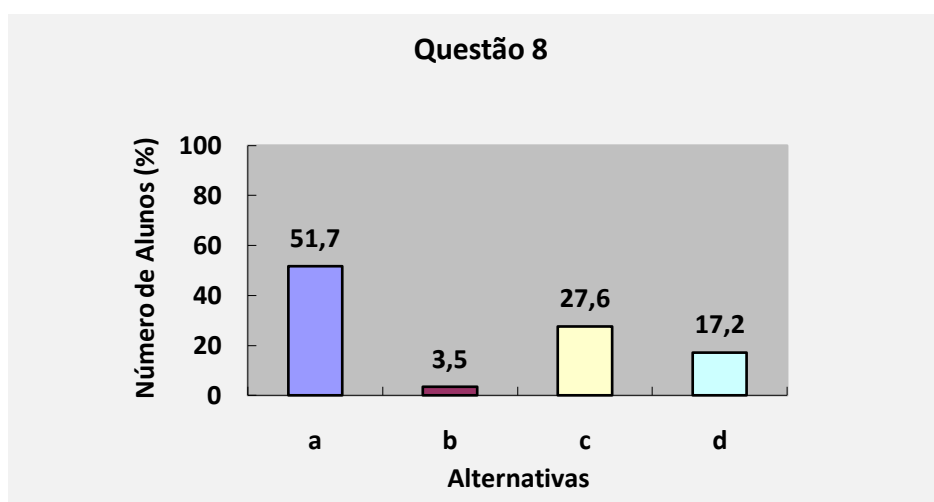
c) quatro vezes maior, pois, para o mesmo volume de líquido, o comprimento do canudo é diretamente proporcional ao seu raio.

d) o mesmo, pois, para o mesmo volume de líquido, o comprimento do canudo independe do seu raio.

Objetivo: Verificar se os alunos compreenderam que nesse experimento, para uma mesma porção de líquido dilatado, a altura da coluna líquida é inversamente proporcional ao quadrado do raio dessa coluna cilíndrica que se forma no interior do tubo capilar. Ou seja, a ideia era verificar novamente a proficiência dos alunos em matemática.

Resultado (gráfico 8):

Gráfico 8 - Resultado obtido na questão 8.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta questão foi respondida corretamente por apenas um aluno da turma, o que mostra que praticamente a totalidade desses alunos não compreende proporções diretas e inversas. Pela simplicidade da questão, esse resultado ilustra de certa forma as lacunas que ficaram na formação básica de matemática deles, sendo este, provavelmente, o principal motivo desses estudantes terem evitado lidar com a equação da expansão térmica volumétrica durante o desenvolvimento da AEI. Os resultados mostram que a montagem e a análise do funcionamento do termômetro pelos alunos foi essencialmente qualitativa.

Comentários:

Os gráficos mostram que apesar da maioria das respostas corretas terem sido assinaladas por mais de 50% da turma, muito trabalho ainda precisa ser realizado para que haja evolução das concepções espontâneas (mencionadas anteriormente), as quais prevalecem em boa parte dos alunos, e para a consolidação de alguns conceitos simples, como no caso do equilíbrio térmico. Os resultados também foram muito úteis para evidenciar as dificuldades que esses alunos têm para trabalhar com as ferramentas da Matemática (como, por exemplo, equações e relações de proporcionalidade). Acreditamos que a compreensão dos conteúdos de Matemática e a aplicação destes nas aulas de Física, por esses estudantes, podem ser melhoradas se parcerias entre os professores desses dois componentes curriculares forem formadas. É o que pretendemos realizar na sequência de nossa atividade docente.

Pelo trabalho desenvolvido até o momento a proposta de ensino de Física apresentada se mostrou bastante promissora para a contribuição da aprendizagem dos alunos, pois esta nos permitiu identificar uma série de dificuldades relacionadas tanto à estrutura e condições em que as aulas de Física são expostas aos professores e alunos quanto às lacunas e deficiências na formação dos alunos decorrentes dessas condições.

4.2 AVALIAÇÃO DO INTERESSE DOS ALUNOS PELA ESTRATÉGIA DE ENSINO UTILIZADA NESTE TRABALHO

Para avaliar a aceitação e o interesse dos alunos pela proposta de ensino desenvolvida com a turma, solicitamos, ao final do trabalho, que eles respondessem

individualmente um questionário de opinião, não havendo necessidade de identificação. Como nesse dia cinco alunos faltaram à aula, o questionário foi respondido por vinte e nove dos trinta e quatro estudantes que participaram deste trabalho. O questionário está disponível no Apêndice H.

Na primeira questão, “Você já realizou, em anos anteriores, experiências nas aulas de Ciências (Física, Química ou Biologia)?”, 51% dos alunos responderam que nunca haviam realizado experimentos anteriormente.

Na segunda questão, “Com que frequência você realizou experiências em anos anteriores?”, Dos quatorze alunos que haviam realizado atividades experimentais anteriormente, todos confessaram ter realizado experimentos com pouca frequência durante esses anos de escola.

Na terceira questão, “Você considera que as atividades experimentais estimulam à aprendizagem?”, apenas dois alunos (7% da turma) disseram que as AE não estimulam à aprendizagem.

Na quarta questão, “Para você, a realização de atividades experimentais nas aulas de Física facilita a aprendizagem do conteúdo?”, somente um aluno respondeu que não.

Já a quinta questão era: “Como você prefere aprender Física?: Por meio de aulas expositivas; Resolvendo exercícios; Através de discussão em grupos; Realizando experiências; Estudando o livro didático; Outros.” Os alunos deveriam assinalar até duas das seis opções. A opção “Por meio de aulas expositivas.” foi assinalada por seis alunos ($\approx 20\%$ da turma). A alternativa “Resolvendo exercícios.” foi assinalada por apenas um aluno ($\approx 3\%$ da turma). A opção “Através de discussão em grupos.” foi escolhida por 21 alunos ($\approx 72\%$ da turma). A alternativa “Realizando experiências.” foi assinalada por 25 alunos ($\approx 86\%$ da turma). Já opção “Estudando o livro didático.” não foi escolhida por nenhum aluno. A alternativa “Outros.” foi assinalada somente por um aluno (3% da turma).

A última questão, “O que você achou da atividade experimental ‘*Construindo um termômetro de coluna líquida*’, proposta pelo professor?”, era dissertativa e as respostas dos alunos são transcritas na tabela a seguir.

Tabela 2 - Respostas dos alunos à questão 6 do questionário de opinião.

| Alunos | Respostas |
|--------|---|
| I | <i>“gostei muito apesar de ter tido uns problemas no termino”</i> |
| II | <i>“Muito legal, de se fazer.”</i> |
| III | <i>“Achei a proposta interessante, pois fez com que os alunos interagissem mais, e passagem a gostar mais de física.”</i> |
| IV | <i>“Uma forma de conhecer melhor a construção de um termômetro. Assim estimulando os alunos a aprender diferentes projetos; de outras formas.”</i> |
| V | <i>“Eu achei muito interessante, pois, foi a primeira vez, e eu queria aprender mais”</i> |
| VI | <i>“Gostei.”</i> |
| VII | <i>“Achei bem interessante mais deu bastante trabalho.”</i> |
| VIII | <i>“Foi muito boa; eu nem imaginava em fazer um termômetro, e agora eu sei.”</i> |
| IX | <i>“muito Bom, nunca fiz nada igual em uma aula.”</i> |
| X | <i>“Eu gostei, porque colocou todos para trabalhar um pouco.”</i> |
| XI | <i>“É achei muito bom melhor de q copiar texto na lousa”</i> |
| XII | <i>“Interessante”</i> |
| XIII | <i>“Ótimo, no começo destas aulas o professor só ficava falando e explicando o conteúdo, fizemos grupos de 4 ou 5 que pra mim não faria, os alunos não sabem trabalhar em grupo. Otimo porque o professor realizou junto a classe esse termômetro.”</i> |
| XIV | <i>“Eu achei muito interessante pois a atividade experimental faz com que o aluno aprenda com mais facilidade o conteúdo a ser estudado”</i> |
| XV | <i>“Legal pois nos nunca tinha feito isso antes”</i> |

| | |
|--------|--|
| XVI | <i>“Foi muito bom, pois com essa atividade eu aprendi um pouco mais como funciona um termômetro.”</i> |
| XVII | <i>“Legal, aprendemos.”</i> |
| XVIII | <i>“Eu achei muito bom, atravez desse experimento aprendi, que é possível montar um termômetro com vários materiais, e aprendi um pouco mais sobre dilatação e como ocorre.”</i> |
| XIX | <i>“uma forma diferente de aprendizado, aprendendo a medir temperatura dos devido lugare, achei super interessante. Por mim falaria de novo.”</i> |
| XX | <i>“Bom. O trabalhbo de atividade experimental foi muito bom Gostei muito, e acho que o professor deveria fazer mais vezes”</i> |
| XXI | <i>“Achei muito ruim, não facilitou no aprendizado, deu muito trabalho, tive que gastar vários dias para fazer, por isso prefiro aulas mais teóricas”</i> |
| XXII | <i>“por uma parte eu achei ruim mais por outra eu achei muito legal por que eu nunca tinha aprendido a construir um termometro”</i> |
| XXIII | <i>“Legal mas poderia ser melhor se fosse fora da sala de aula e não ter relatórios”</i> |
| XXIV | <i>“Excelente. Porque com isso consegui aprender melhor sobre o conteúdo passado”</i> |
| XXV | <i>“muito interessante, pois foi uma aula diferente.”</i> |
| XXVI | <i>“Foi legal mto diferente.”</i> |
| XXVII | <i>“Foi super legal, aprendemos a calibrar a temperatura do termômetro e, foi mais fácil entender o termômetro. E todas as etapas da construção”</i> |
| XXVIII | <i>“Muito interessante, pois foi uma aula onde aprendi um pouco mais, é menos “complicada” e assim estimulando os nossos conhecimento.”</i> |
| XXIX | <i>“Acho que essa atividade facilitou a aprendizagem.”</i> |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebemos pelas respostas dos alunos, às questões 1 e 2, que mais da metade deles nunca chegou a realizar uma AE em mais de dez anos de escolaridade. E mesmo aqueles que já haviam realizado o fizeram com pouca frequência, além do que não temos informações se essa participação foi ativa ou apenas como meros expectadores de demonstrações experimentais.

O resultado desse questionário também nos mostra que a quase totalidade dos alunos concordam que a realização de AE pode ser estimulante e favorecer a aprendizagem, sendo esta estratégia de ensino a preferida por eles para aprender Física, mesmo sendo para muitos a primeira vivência com atividades desta natureza. O trabalho em grupo também teve boa aceitação pelos alunos, uma vez que mais de 70% deles assinalaram positivamente para esse método de ensino. Além disso, podemos ver pelas respostas dos estudantes, dada à questão 6, que praticamente todos consideraram a AE proposta interessante e se mostraram entusiasmados com ela. A exceção foram dois alunos, um que disse preferir aulas teóricas por achar que a AE dá muito trabalho, e outro que afirmou ter gostado de realizá-la apenas em parte.

Ao final do questionário, deixamos espaço para que os alunos expressassem alguns comentários e/ou sugestões sobre o desenvolvimento do trabalho, visando o aperfeiçoamento desta atividade para aplicações futuras. As observações dos alunos foram muito favoráveis ao trabalho desenvolvido, sugerindo sua continuação. Apenas um aluno afirmou não pretender realizar mais atividades dessa natureza, nas aulas de Física. Já outro disse desejar continuar fazendo experiências, mas espera que sejam menos trabalhosas. Seguem, na tabela abaixo, os relatos dos alunos que chegaram a fazê-los.

Tabela 3 - Opiniões dos alunos, sobre a atividade realizada, expressas no item comentários e/ou sugestões do questionário de opinião.

| Alunos | Respostas |
|--------|---|
| II | <i>“Houve muitas dificuldades, seria interessante fazer novas experiências.”</i> |
| III | <i>“As experiências poderiam acontecer mais vezes, mas com um tempo mais curto para não ficar uma coisa enjoativa.”</i> |

| | |
|-------|--|
| IV | <i>“A experiência realizada fez com que eu interagisse mais nas aulas de física, aprendendo e conhecendo novas maneiras de obter conhecimentos.”</i> |
| V | <i>“Eu gostei e queria mais experimento em sala de aula”</i> |
| VII | <i>“gostaria de fazer novas experiências, mais que não trouxesse tanto trabalho.”</i> |
| VIII | <i>“Espero que o Sr. continue com essas aulas, eu acho elas muito produtivas e interativas.”</i> |
| IX | <i>“fazer mais experimentos.”</i> |
| XI | <i>“q continui assim”</i> |
| XII | <i>“Na minha opinião com essas aulas expositivas, em que realizamos experiências fica mais fácil aprender o conteúdo e é gostoso trabalhar assim.”</i> |
| XIV | <i>“Poderia fazer mais experiências.”</i> |
| XVIII | <i>“Fazer mais vezes...”</i> |
| XXI | <i>“Espero não ter que fazer mais atividades desse tipo (pelo menos em física na escola).”</i> |
| XXII | <i>“que tivesse outras aulas dessas de experiências físicas”</i> |
| XXIV | <i>“Eu acho que foi melhor para nós que fizemos e deveria ter isso com mais frequência.”</i> |
| XXVII | <i>“O professor ajudou muito na construção do termometro isso fez com que nós nos interessasse mais com a atividade feita em sala de aula. Com isso fez com que nós mudasse um pouco de aula e não só escrevendo e ainda na sala ‘Data show’.”</i> |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na próxima seção faremos uma discussão final sobre os resultados da aplicação da proposta.

4.3 DISCUSSÃO FINAL DOS RESULTADOS

Nota-se pelos questionários e pelos relatórios, que os alunos apresentaram certa dificuldade para expressar suas ideias e suas conclusões na forma escrita. Muito do que foi discutido e que era consenso nos grupos não apareceram nos questionários e relatórios ou apareceram de forma superficial e confusa, ou seja, aquilo que os alunos colocaram no papel pouco reflete o que de fato ocorreu durante a realização da AEI.

Da mesma forma fica evidente, por esses instrumentos de avaliação, certa rejeição pelos estudantes em fazer uso de ferramentas matemáticas durante o trabalho, mesmo quando eram orientados mais diretamente e incentivados pelo professor. Além disso, é notória, pelos resultados obtidos nas questões 4 e 8 do questionário “pós-trabalho”, a dificuldade que eles têm para interpretar relações de proporcionalidade, o que dificulta o entendimento de equações, como, por exemplo, a da expansão térmica volumétrica, fundamental nesta atividade.

A falta de interesse pelas tarefas subsequentes a prática experimental (questionário conceitual e relatório) que exigiam maior esforço intelectual se justifica, em parte, pela falta de proficiência em Matemática, interpretação e produção de textos necessária para este ano escolar. Além disso, muitos desses alunos não têm hábitos de estudo e estão inseridos em um sistema de ensino que pouco contribui para estimulá-los. Essa talvez seja a razão pela qual dois grupos deixaram de entregar o relatório sendo que um deles também não entregou o questionário conceitual. Além disso, as aulas ministradas nessa escola, em geral, são de cunho tradicional, focadas principalmente nas ações dos professores, não requerendo, portanto, o envolvimento dos estudantes, que acabam se acostumando com essa condição de passividade. Tal condição pouco favorece o desenvolvimento de hábitos de estudo nos aprendizes.

Sabe-se, da teoria vigotiskiana, que a aprendizagem de conceitos não se dá do “dia para noite”, mas é um processo que ocorre de forma gradativa, sendo mais lento para alguns aprendizes do que para outros (MARTINS, 2005). Em conformidade com essa ideia, os resultados apresentados na seção 4.1 mostram que a realização da AEI não possibilitou o mesmo nível de apropriação dos conceitos da física térmica, tratados nessa atividade, a todos os alunos. Por exemplo, enquanto para alguns deles a condutividade térmica estava associada à rapidez de propagação da energia térmica pela matéria (modelo cinético molecular), para

outros esse conceito estava associado com a rapidez da “*transferência de temperatura*” pela matéria. Outro exemplo pode ser observado na compreensão do fenômeno da dilatação térmica por esses alunos. Enquanto alguns deles explicaram a dilatação do álcool no tubo capilar do termômetro como uma consequência do afastamento entre as suas moléculas ao receberem energia térmica de uma fonte calor (em acordo com o modelo cinético molecular da matéria), outros explicaram esse fenômeno como resultado de um “*aumento no volume das moléculas*” do álcool ao ser aquecido.

Se por um lado esta proposta de ensino não pode garantir o mesmo nível de aprendizagem conceitual a todos os alunos, por outro ela nos fornece informações importantes sobre os avanços e dificuldades dessa turma, nos proporcionando uma boa noção das atividades que eles já conseguem realizar sozinhos e aquelas que eles ainda só podem realizar com a colaboração do professor (parceiro mais capaz). O conhecimento e o reconhecimento dessas dificuldades pelo docente são fundamentais para o planejamento de ações educativas futuras que permitam a esses alunos superar seu nível de desenvolvimento real.

Além disso, foi possível com esta proposta de ensino mudar o panorama das aulas de Física nesta classe. Os alunos deixaram de ser meros expectadores e passaram a participar da aula mais ativamente, planejando e executando o experimento de forma autônoma, sem o direcionamento de um roteiro fortemente estruturado. Foi possível verificar, durante a maior parte da atividade, eles debatendo suas ideias, testando suas hipóteses sobre a montagem do termômetro, avaliando os problemas e reformulando o experimento. Mesmo tendo que, em alguns momentos, orientar os aprendizes de forma mais direta, na maior parte do tempo, o professor esteve na condição de mediador entre os estudantes e a atividade proposta, apenas orientando, sem interferir diretamente nas decisões dos grupos.

Outro resultado positivo se refere ao trabalho em grupo. No início da atividade o professor encontrou dificuldade até para formar os grupos, devido à divergência entre alguns alunos e também a falta de vivências da turma com esse tipo de trabalho, mas no decorrer da atividade o desempenho dos grupos foi melhorando, sendo que um deles (grupo IV) chega a comentar no relatório: “*O principal fator desse trabalho, foi que aprendemos a trabalhar em grupo...*”. Obviamente numa turma com muitos alunos não é fácil conseguir a aprovação de todos para o desenvolvimento de trabalhos em grupo. Neste primeiro momento foi obtido o bom resultado de 72% de aprovação dos alunos envolvidos na aplicação da proposta.

Do nosso ponto de vista, o resultado mais importante deste trabalho reside certamente no aspecto motivacional e na visão que esses estudantes passaram a ter das aulas de Física, evidenciadas não só nas respostas que eles deram à questão 6 e aos comentários que teceram no final do questionário de opinião, como também durante a maior parte da realização da prática. Era comum ouvirmos, durante as aulas, dizeres do tipo: “Eu só vim para a escola hoje por causa da sua aula.” e “Bem que as aulas de Química poderiam ser assim, com experimentos.”. Assim, para a maioria da turma, no período em que esta proposta foi aplicada, as aulas de Física deixaram de ser chatas, desinteressantes e obscuras, antes passaram a ser a razão para que esses alunos não faltassem as aulas.

Considerando o contexto que esta proposta foi aplicada, envolto por tantas situações adversas, empregá-la foi, de fato, um desafio. No entanto, apesar das dificuldades, acreditamos que valeu à pena e que devemos seguir adiante nessa linha, ajustando e aprimorando esta estratégia de ensino para que no futuro possamos obter resultados ainda melhores.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho procuramos desenvolver uma estratégia de ensino que perscrutasse a atividade experimental de forma inovadora com os propósitos de: a) tornar o ensino de Física mais motivador e significativo para os alunos, b) contribuir para que o processo de ensino-aprendizagem de Física promova o estudante a sujeito investigativo, c) abordar, no ensino de Física, além dos conceitos, procedimentos e atitudes, d) promover o ensino de Física que possibilite, aos alunos, uma visão mais participativa do fazer científico, e) implementar e avaliar, de maneira efetiva, a atividade investigativa no ensino de Física na escola média pública.

Para nos ajudar nessa missão apoiamos nossa pesquisa na teoria sociointeracionista de Vigotski, buscando estabelecer uma dinâmica de sala de aula capaz de promover a interação social como meio para a aprendizagem. Também, revisando a literatura específica, encontramos apoio na metodologia investigativa, que é atualmente defendida por diversos pesquisadores da área de Ensino de Ciências como, por exemplo, Borges (2002), Cachapuz et al. (2005), Carrascosa et al. (2006) e Guridi e Islas (1998). Assim, conforme sugere essa metodologia, procuramos abordar a atividade experimental de maneira mais aberta, com um formato investigativo que possibilitasse aos alunos não só aprender sobre os conteúdos como também sobre a prática científica.

Para avaliar os efeitos dessa estratégia em um contexto real de ensino, nos valem de um experimento simples: a construção de um termômetro de coluna líquida e a aplicamos em uma turma do EM da rede pública estadual do período noturno. A escolha desse contexto foi motivada, principalmente, por suas adversidades dentre as quais podemos citar: classe numerosa, boa parte dos alunos eram trabalhadores, tradição de aula sem a participação do aluno, individualismo, recursos materiais escassos, baixa proficiência dos alunos em leitura, interpretação, produção de textos e também em trabalhar com as operações fundamentais da matemática, inexperiência do professor com atividades investigativas, entre outras, pois entendemos que ambientes escolares como esse são os que mais carecem de propostas inovadoras e de melhorias.

A estratégia de ensino, para trabalharmos esse experimento com essa turma, foi elaborada de modo a contemplar cinco momentos: i. *Contextualização*; ii. *Provocação*; iii. *Planejamento*; iv. *Realização* e v. *Fechamento*, conforme discorrido nos capítulos 2 e 3 desta dissertação.

Apesar de vivenciarmos a dificuldade de aplicarmos projetos, como o nosso, no sistema público de ensino, fundamentalmente no período noturno, conseguimos estabelecer resultados positivos evidenciados na pesquisa, que incluem: um maior interesse dos alunos em sala de aula, menor índice de indisciplina, participação mais ativa (e de forma investigativa) dos estudantes, inclusive daqueles considerados apáticos e/ou com maiores déficits de aprendizagem, mudança no papel do professor no processo de ensino-aprendizagem (de transmissor a mediador), melhora na convivência dos alunos proporcionada pelo trabalho em grupo, maior apreço dos estudantes pela Física.

No que concerne a aprendizagem de conceitos, os resultados obtidos nesta pesquisa nos forneceu experiência para continuar e melhorar a aplicação da proposta. Sabemos que qualquer estratégia de ensino por melhor que seja não pode garantir por si só a aprendizagem dos alunos, há outros fatores que acabam influenciando nesse processo como, por exemplo, a própria história escolar do aluno. Contudo, visualizamos alguns avanços, sobretudo no que se refere à aprendizagem procedimental e atitudinal. Aplicação dos conteúdos estudados na execução do experimento, investigação dos problemas e propostas de soluções, exposição e discussão de ideias com os colegas, respeito ao posicionamento do próximo, busca pelo consenso nas decisões e melhor convivência entre eles tanto dentro quanto fora da sala de aula são alguns exemplos que apontam tais progressos. Vale lembrar que nas tradicionais aulas expositivas, esses tipos de aprendizagens geralmente são negligenciados.

Também consideramos relevante a boa aceitação dos alunos pela proposta de ensino, uma vez que a dinâmica das aulas passou a ser bem diferente das habituais. Apesar de um aluno afirmar que não gostou da AEI e manifestar preferência por aulas teóricas, a grande maioria se manifestou afeiçoada à proposta e desejosa pela sua continuidade, como mostraram as respostas do questionário de opinião (ver tabela 2). Durante a aplicação do projeto esses alunos teciam comentários acerca do trabalho com colegas de outras classes que acabavam cobrando o professor pela não participação no projeto. Até mesmo alguns pais, professores e a coordenadora pedagógica da escola chegaram a fazer comentários elogiosos sobre o trabalho.

Dessa forma, consideramos que os nossos objetivos foram alcançados de forma satisfatória. Como contribuição, este presente trabalho deixa um material que poderá auxiliar aqueles professores que se interessarem em explorar as AE, em suas aulas, direcionando-as para formatos investigativos que possibilitam aos alunos *aprender ciência fazendo ciência*.

Finalizamos essa dissertação apontando como perspectiva futura dessa pesquisa: i. a busca por um referencial epistemológico que possa trazer contribuições, principalmente, para a aprendizagem sobre a natureza da ciência e da prática científica pelos alunos, ii. implementar e avaliar essa proposta de ensino envolvendo outros conteúdos de Física com melhorias no que diz respeito a organização do tempo de realização de cada etapa da proposição e nos instrumentos para avaliação da aprendizagem dos alunos e iii. avaliar a aplicação desse projeto em outros níveis de ensino como no Ensino Fundamental I e II.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo de ensino aprendizagem em Física: “Eletricidade”. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: CEFET, 2005. p. 1 – 4. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0219-3.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2010.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176 – 193, jun. 2003.
- BARBOSA, J. O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no Ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 105 – 122, abr. 1999.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no Ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 194-223, ago. 2007.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação no ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005. 263 p.
- CARRASCOSA, J. et al. Papel de la actividad experimental em la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 157-181, ago. 2006.
- CASTRO, C. M. Mercúrio em área pública contamina crianças no interior. **Folha de São Paulo**, São Paulo, out. 2010. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1510201009.htm>>. Acessado em: 23 out. 2010.
- DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais no ensino de eletromagnetismo em Física Geral**. 2010. 341 p. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- FERREIRA, M. S. **Buscando Caminhos: uma metodologia para o ensino-aprendizagem de conceitos**. Brasília: Liberlivro, 2009. 168 p.
- GASPAR, A. Calor. In:_____. **Física: ondas; óptica e termodinâmica**. São Paulo: Ática, 2000. v. 2. p. 309-334.
- GASPAR, A. Experimentação em Ciências: abordagem crítica e propostas. In:_____. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental**. São Paulo: Ática, 2005. p. 11-30.
- GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 227-254, ago. 2005.

GURIDI, V. M.; ISLAS, S. M. Guías de laboratorio tradicionales y abiertas em Física elemental: propuesta para diseñar guías abiertas y estudio comparativo entre el o uso de este tipo de guías y guías tradicionales. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 203-220, set. 1998.

IVIC, I. Estudo experimental do desenvolvimento de conceitos. In:_____. **Lev Semionovich Vygotsky**. Recife: Massangana, 2010. p. 46-59.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 382-404, dez. 2006.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 305-320, dez. 2007.

MARTINS, J. B. Alguns conceitos básicos e a questão da avaliação escolar. In:_____. **Vygotsky & a Educação**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005. p. 47-79.

MOLL, L. C. A zona de desenvolvimento proximal como base para a instrução. In:_____. **Vygotsky e a Educação: Implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica**. Porto Alegre: Artmed, 1996. p. 341-362.

MORAES, A. M.; MORAES, L. J. A avaliação conceitual de força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 232 – 246, jun. 2000.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 194 p.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39, mar. 1996.

NÉBIAS, C. Formação de conceitos científicos e práticas pedagógicas. **Interface**, Botucatu, v. 3, n. 4, p. 133-140, fev. 1999.

OLIVEIRA, C. S.; SOUZA, J. A. Professor, por que meu termômetro não funciona?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 435-467, ago. 2011.

PAULOVICH, L. Um estudo sobre a formação de conceitos algébricos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 5, n. 2, p. 39-48, 1998.

PIRES, D. P. L.; AFONSO, J. C.; CHAVES, F. A. B. A termometria nos séculos XIX e XX. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 1, p.101 - 114, mar. 2006. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v28_101.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2010.

RAMOS, M. N. Educação de qualidade e sua relação com C&T e Inovação. **Sessão Plenária 4: Educação e C, T &I**, p. 73 – 84, 2010.

REIG, D.; GRADOLÍ, L. A construção humana através da zona de desenvolvimento potencial: L. S. Vygotsky. In: MINGUET, P. A. (Org.). **Construção do Conhecimento na Educação**. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 107-126.

ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. A Teoria Histórico-Cultural e o Ensino da Física. **Revista Iberoamericana de Educación**. Disponível em: <www.rieoei.org/deloslectores/654Werner108.PDF>. Acesso em: 18 mar. 2010.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da Física, em sala de aula – um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 383-401, dez. 2006.

SÃO PAULO (Estado). Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Delegacia Regional do Trabalho e Emprego. Seção de Segurança e Saúde no Trabalho. **Recomendação Técnica**. São Paulo, 2006. 1 p. Disponível em: <http://www.acpo.org.br/biblioteca/02_substancias_quimicas/mercurio/recomendacao.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2010.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Fundação para o Desenvolvimento da Educação. **Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Física: Ensino Médio 2ª Série**. São Paulo, 2009, v.1, 63 p, Caderno do professor.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Fundação para o Desenvolvimento da Educação. **Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Física: Ensino Médio 2ª Série**. São Paulo, 2010, v.1, 56 p, Caderno do Aluno.

SEARS, F. W.; SALINGER, G. L. **Termodinâmica, teoria cinética e termodinâmica estatística**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1979. 397 p.

SFORNI, M. S. F. Alguns Pressupostos. In:_____. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino: contribuição da teoria da atividade**. Araraquara: JM Editora, 2004. p. 19-46.

SOUZA, J. A.; OLIVEIRA, C. S. Uma “luz” no aprendizado da ciência: inserindo a prática investigativa com uma vela. **Física na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 34 – 39, out. 2010.

TARGINO, R. **PISA 2009: Mesmo “bem abaixo” da média, OCDE credita melhora do Brasil a recursos e avaliação**. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/ultnot/2010/12/07/pisa-2009-mesmo-bem-abaixo-da-media-ocde-credi,3ta-melhora-do-brasil-a-recursos-e-avaliacao.jhtm>>. Acesso em: 04 fev. 2011.

THE ENGINEERING TOOLBOX. **Thermal Conductivity of some common materials and gases**. Disponível em: <http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html>. Acessado em: 26 jan. 2012.

VENDRUSCOLO, A. E. P. A experimentação numa perspectiva de projetos integradores. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. (Orgs.). **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2008. p. 101-107.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 182 p.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008. 194 p.

ZANCUL, M. C. S. O ensino de ciências e a experimentação: algumas reflexões. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. (Orgs.). **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2008. p. 63-68

APÊNDICES

APÊNDICE A – Proposta experimental

ATIVIDADE EXPERIMENTAL:

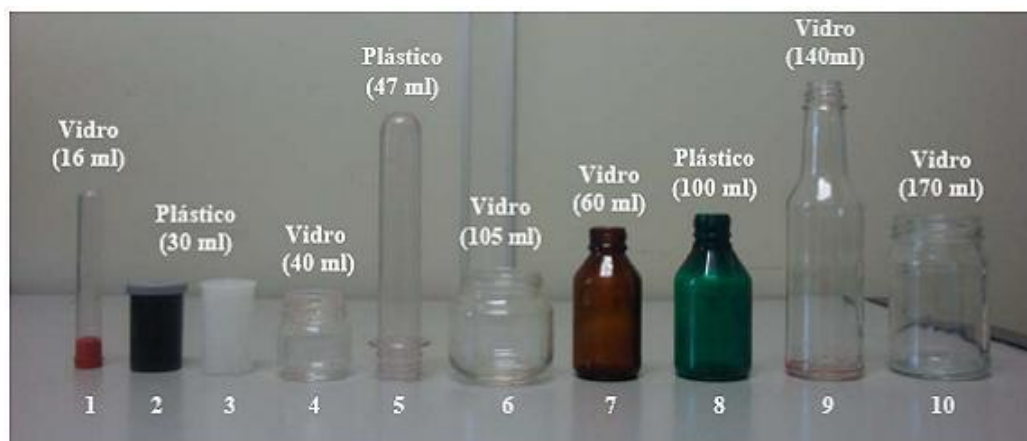
CONSTRUÇÃO DE UM TERMÔMETRO DE COLUNA LÍQUIDA

A proposta desta atividade consiste na construção de um termômetro de coluna líquida. Para a realização desta atividade é preciso considerar as partes que compõem este tipo de termômetro. Os componentes básicos deste instrumento de medida são: o bulbo, o tubo capilar, a substância termométrica e a escala termométrica. Inicialmente é importante olhar para cada um deles separadamente.

Bulbo

O bulbo funciona como um reservatório para o líquido utilizado como substância termométrica. A princípio qualquer frasco de vidro ou de plástico transparente (ou pelo menos translúcido o suficiente para a visualização do líquido contido em seu interior) poderá ser utilizado como bulbo do termômetro. A figura A.1 mostra algumas opções de frascos que podem ser testados e utilizados como bulbo.

Figura A.1 - Exemplos de recipientes que podem, a princípio, serem utilizados como bulbo do termômetro.



Fonte: Elaborado pelo autor.

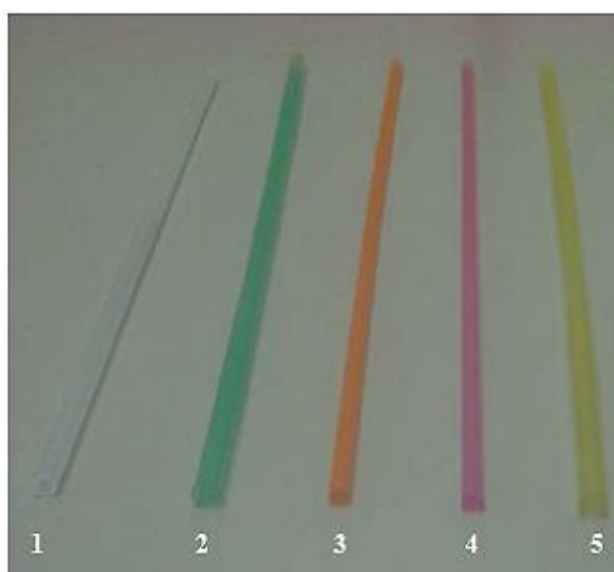
No bulbo do termômetro deve-se atentar para os seguintes fatores: primeiramente, para o material do qual é feito o frasco e depois para sua capacidade volumétrica.

Pense: Por que esses fatores são importantes?

Tubo capilar

O tubo capilar serve como indicativo de temperatura, com o líquido subindo ou descendo à medida que ocorrem mudanças de temperatura no ambiente ou no corpo em que o termômetro for inserido. O ideal para a sua construção seria utilizar tubos finos de vidro, mas estes, geralmente, são difíceis de ser encontrados no comércio. Uma alternativa interessante pode ser a utilização de tubos de plástico com diâmetro interno entre 2 e 4 mm (canudos de refresco ou tubinhos de borrifadores de produtos de limpeza ou higiene pessoal, por exemplo). Neste caso, também é importante que os tubos sejam transparentes ou translúcidos o suficiente para uma visualização nítida da variação da altura da coluna líquida em seu interior. A figura A.2 mostra algumas sugestões que podem funcionar como tubo capilar.

Figura A.2 - Alguns tubos de plástico que, a princípio, podem ser utilizados como tubo capilar para o termômetro.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Substância termométrica

Para a substância termométrica pode-se utilizar álcool comum (92,8^o INPM) ou água, que são dois líquidos de fácil acesso para a realização desta atividade. Tanto para a primeira quanto para a segunda substância, como são incolores, será necessário a adição de algumas gotas de corante, para que a dilatação do líquido no tubo capilar se torne visível.

Pense: Qual líquido pode ser mais interessante para ser utilizado como substância termométrica: água ou álcool?

Escala termométrica

Para a construção da escala termométrica é necessário calibrar o termômetro a partir de dois pontos fixos. Os pontos podem ser escolhidos arbitrariamente a partir de dois sistemas cuja temperatura seja invariável no decorrer do tempo. A princípio, a fusão do gelo e a ebulição da água ou até mesmo a temperatura do corpo humano, são boas sugestões para serem adotadas como pontos de referência da escala. Por comodidade e questões de segurança os pontos de gelo (gelo fundente) e a temperatura corporal são os mais indicados para a calibração do termômetro.

Pense: Qual deve ser o procedimento para a construção da escala?

Mãos a obra

Chegou o momento de trabalhar. No entanto, antes de iniciar a construção do termômetro é muito importante o grupo fazer um plano de trabalho, que será útil para elaboração de um relatório e/ou apresentação do experimento para os demais grupos, descrevendo:

- Os materiais que serão utilizados.
- Como providenciar esses materiais (caso a escola não disponha).
- A disposição de cada elemento e as etapas da montagem do termômetro.
- O procedimento para a construção da escala termométrica.

Durante a realização da atividade não deixe de anotar as dificuldades que forem surgindo, bem como relatar as alternativas encontradas pelo grupo para superar os problemas de montagem e funcionamento do termômetro.

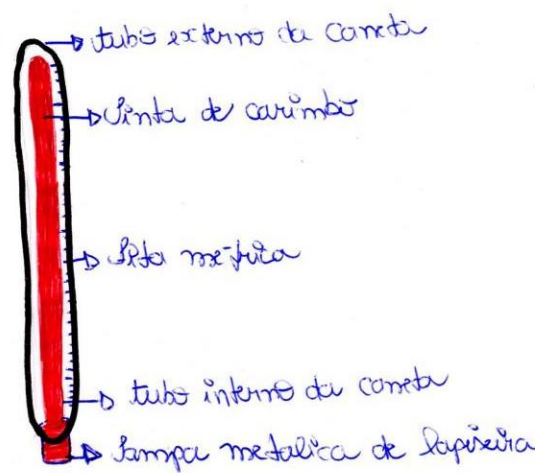
Para que o trabalho não seja baseado meramente em tentativas e erros, é fundamental refletir e debater com os demais parceiros de grupo, levando em consideração a teoria estudada nas aulas anteriores e os fatores que influenciam no funcionamento de um termômetro de coluna líquida. Quando necessário, consulte um livro didático e discuta com seu professor as dúvidas do grupo. Vale ressaltar que o sucesso do trabalho depende, em boa parte, do comprometimento e da participação de todos os membros nas discussões e decisões do grupo. A socialização das ideias e a decisão democrática são imprescindíveis para o êxito da atividade.

APÊNDICE B – Modelo da ficha de acompanhamento dos alunos na atividade

Quadro B.1 – Ficha para acompanhamento dos alunos na atividade.

| Grupo __ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|-----------------------------|--|--|--|----------------------------------|--|--|--|
| Alunos/nº | Assiduidade | | | | Compromisso com o grupo e com a atividade | | | | Envolvimento nos momentos de discussões | | | | Conduta durante a atividade | | | | Desempenho na atividade proposta | | | |
| | Data | | | | Data | | | | Data | | | | Data | | | | Data | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C - Esquema experimental preliminar elaborado pelo grupo I**materiais**

- * tubo da camera interno
- * tubo da camera externo
- * fita de carimbo
- * fita métrica
- * lâmpara metálica de lapiseira

APÊNDICE D – Guia para elaboração do relatório

Orientação para a elaboração do relatório da atividade experimental

Após a realização da atividade elabore um relatório descrevendo as suas observações e o que aprenderam.

Itens sugeridos para a elaboração do relatório:

- Objetivo (o que vocês pretendiam realizar nessa atividade);
- Materiais (os materiais, ferramentas, instrumentos de trabalho, etc., que foram utilizados na realização da atividade e onde/como foram obtidos).
- Esquema da montagem experimental (desenho bem detalhado do experimento).
- Procedimento adotado na montagem do experimento (aqui é importante detalhar as etapas da construção do termômetro, da sua calibração e da construção da escala termométrica e também justificar a escolha dos materiais utilizados na montagem. Não deixe de relatar suas observações).
- Resultados (relate se vocês conseguiram medir a temperatura ambiente ou de algum objeto com seu termômetro e se o resultado obtido é próximo à temperatura medida utilizando um termômetro comercial. Justifique esses resultados).
- Conclusões (descreva o que vocês aprenderam com essa atividade).

APÊNDICE E – Questionário conceitual

Questionário Conceitual

1. Analisando o funcionamento do termômetro que você construiu, quais são as variáveis que influenciam no seu funcionamento?
2. “Antes de usar seu termômetro, responda à seguinte questão: será que os valores obtidos por um termômetro comercial serão muito diferentes dos que você obtém com seu termômetro caseiro? Escreva a seguir o que você acha, justificando sua resposta.” (SÃO PAULO (Estado), 2010, p. 11, Caderno do Aluno).
3. “Agora, use seu termômetro para medir a temperatura de outros objetos. Por exemplo, meça a temperatura ambiente e compare o resultado com a temperatura obtida em um termômetro comercial. Escreva a seguir os valores encontrados.” (SÃO PAULO (Estado), 2010, p. 12, Caderno do Aluno).
4. “Pare e tente responder: por que, ao calibrar seu termômetro, a coluna de álcool aumenta quando sua mão entra em contato com ele?” (SÃO PAULO (Estado), 2010, p. 12, Caderno do Aluno).
5. Testando a lei zero da termodinâmica. Pegue um copo contendo água (corpo A) e outro contendo óleo (corpo B). Introduza o termômetro (corpo C) na água e marque a altura da coluna de líquido do termômetro. Faça o mesmo para o óleo e compare as alturas da coluna em A e B. O que podemos concluir com isto? É necessário calibrar o termômetro para chegarmos a esta conclusão? Por quê?

6. Suponha que no termômetro que você construiu a altura da coluna de líquido, para uma temperatura ambiente de 25 °C, seja de 4,0 cm. Se você utilizá-lo novamente depois de três dias para medir a mesma temperatura de 25 °C, a altura da coluna de líquido será a mesma? Justifique.

7. Por que não seria conveniente usar um frasco de plástico para construir o termômetro sugerido no roteiro?

8. Para construir um termômetro de coluna líquida, considere que você tenha à disposição três frascos de vidro com as seguintes capacidades: 15 ml, 60 ml e 120 ml, três canudos idênticos com 0,3 cm de diâmetro interno e 25,0 cm de comprimento e álcool comum (colorido). Qual dos três frascos seria o mais adequado para a construção do termômetro? Justifique sua resposta.

9. Para a construção do termômetro foram sugeridas, a princípio, duas opções de substância termométrica: água e álcool comum (92,8^o INPM). Qual delas seu grupo escolheu? Por quê?

10. Henrique, aluno do Ensino Médio, resolveu construir um termômetro de coluna líquida, semelhante ao que vocês construíram. Para fazer o papel de tubo capilar, ele encontrou dois canudos de plástico transparentes, A e B, com diâmetro interno de 2 mm e 4 mm, respectivamente. Caso Henrique decida utilizar o canudo A, o comprimento deste canudo deve ser menor, igual ou maior do que o comprimento do canudo B? Justifique.

11. Atualmente os termômetros de mercúrio estão sendo substituídos por termômetros digitais. Por quê?

APÊNDICE F – Questionário diagnosticando dificuldades

Questionário

1. Vocês conseguiram encontrar os materiais necessários para construir o termômetro facilmente? Descreva como/onde vocês obtiveram esses materiais.

2. Esses materiais tiveram algum custo? Quanto?

3. Vocês encontraram alguma dificuldade para montar o termômetro conforme planejaram?

4. Durante a montagem do termômetro vocês perceberam alguma situação que ofereceu risco de se machucarem?

5. Vocês conseguiram calibrar o termômetro?

6. O termômetro que construíram funcionou conforme o previsto? Ou foi necessário algum ajuste ou modificação para que funcionasse? Quais?

7. Com esse termômetro foi possível medir a temperatura de algo? O quê?

8. Se o termômetro que vocês construíram funcionou, explique como ele funciona.

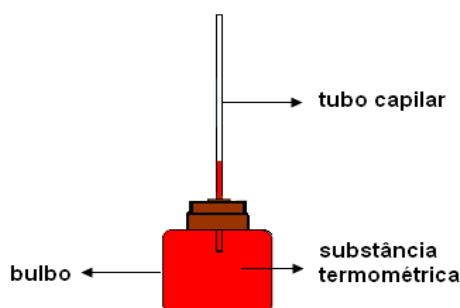
9. Com essa atividade é possível descrever o funcionamento dos termômetros comerciais? Explique.

APÊNDICE G – Questionário “pós-trabalho”

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Um aluno do Ensino Médio, após uma aula de termologia, decidiu construir um termômetro de coluna líquida conforme ilustrado na figura G.1 abaixo. Procurando em sua casa alguns materiais que pudessem ser utilizados na montagem do termômetro, ele achou três frascos que poderiam servir como bulbo. Dois deles de vidro com capacidade de 15 ml e 60 ml e um outro de plástico, também com capacidade de 15 ml. Para o tubo capilar o aluno encontrou apenas dois canudos de plástico (usado para tomar refresco) do mesmo comprimento (25 cm) e com diâmetros de 3 mm e 5 mm, respectivamente. Pensando em qual líquido utilizar como substância termométrica, ele encontrou em sua casa duas opções: água e álcool. Ele havia estudado que, para construir a escala termométrica, era necessário calibrar o termômetro e isso poderia ser feito adotando dois pontos de referência (denominados pontos fixos), ou seja, dois estados em que o termômetro esteja em equilíbrio térmico com um determinado sistema. Por comodidade e segurança o estudante decidiu adotar como pontos fixos da escala a fusão do gelo ($\approx 0^{\circ}\text{C}$) e a temperatura do corpo humano ($\approx 37^{\circ}\text{C}$). No entanto, no momento da montagem do termômetro surgiu-lhe a seguinte dúvida: qual a melhor combinação de materiais (frasco, canudo, líquido) para a construção de um termômetro que funcione?

Figura G.1: Esquema do termômetro que o estudante pretende construir.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base no texto acima e na atividade experimental que você realizou no 2º bimestre, responda as seguintes questões:

1) Ao planejar e construir o termômetro de coluna líquida, esse aluno deve levar em conta as variáveis que influenciam no seu funcionamento. Das variáveis listadas abaixo, qual(ais) influencia(m) no funcionamento desse tipo de termômetro? (assinale apenas uma alternativa.)

I. O volume inicial de líquido (capacidade do bulbo).

II. As dimensões do tubo capilar (raio e altura do canudo).

III. O coeficiente de dilatação do líquido utilizado como substância termométrica.

IV. O intervalo de temperatura que se pretendia medir com o termômetro.

V. A condutividade térmica do frasco utilizado como bulbo.

a) I e II, apenas.

b) I, II e III, apenas.

c) I, II, III e IV, apenas.

d) I, II, III, IV e V.

2) Considerando o tempo que o termômetro levaria para entrar em equilíbrio térmico com outro sistema à temperatura diferente, seria mais conveniente para o estudante utilizar como bulbo do termômetro um frasco de vidro ou de plástico?

a) O de vidro, por conduzir melhor o calor do que o plástico.

b) O de plástico, pois sua condutividade térmica é menor do que a do vidro.

c) O de vidro, por transmitir mais facilmente a temperatura do que o plástico.

d) É indiferente utilizar um frasco de vidro ou de plástico como bulbo do termômetro.

3) Segundo o texto acima, para substância termométrica o estudante dispunha de duas opções: água e álcool. Dessas duas substâncias, a mais apropriada para esse fim é:

a) a água, pois sua dilatação térmica não ocorre de forma linear.

b) o álcool, por evaporar mais facilmente que a água.

c) a água, por apresentar, entre 0 e 4°C, um comportamento anômalo.

d) o álcool, pois apresenta um coeficiente de dilatação térmica maior do que a da água (ou seja, se dilata mais facilmente que uma mesma porção de água).

4) Considere que o estudante decidiu utilizar como tubo capilar o canudo de refresco de 3 mm de diâmetro e escolheu o líquido mais apropriado pelas razões descritas na questão anterior. Nesse caso, para que o líquido não entorne pelo canudo durante a calibração do termômetro, qual dos frascos lhe é aconselhável escolher para o bulbo do termômetro, o de capacidade de 15 ml ou o de 60 ml? (Se necessário, utilize a equação que descreve a dilatação térmica do líquido: $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$, onde ΔV representa a dilatação sofrida pelo líquido, V_0 o volume inicial do líquido, γ o coeficiente de dilatação do líquido e ΔT a variação de temperatura a qual o líquido será submetido.)

- a) O de 60 ml, pois a dilatação térmica sofrida pelo líquido é inversamente proporcional ao seu volume inicial (capacidade do frasco).
- b) O de 15 ml, pois a dilatação térmica sofrida pelo líquido é diretamente proporcional ao seu volume inicial (capacidade do frasco).
- c) Tanto faz, pois a dilatação térmica independe do volume inicial do líquido contido no bulbo do termômetro.
- d) Nenhum dos dois, pois em qualquer um deles o líquido entornará durante a calibração do termômetro.

5) Suponha que, após construir seu termômetro, o aluno verifique que a altura da coluna de líquido no tubo capilar (canudo de refresco) para uma temperatura ambiente de 25 °C, seja de 4,0 cm. Se ele utilizá-lo novamente depois de três dias para medir a mesma temperatura de 25 °C, a altura da coluna de líquido será a mesma?

- a) Sim, pois a temperatura medida será a mesma.
- b) Sim, desde que as medidas sejam realizadas no mesmo horário.
- c) Não, pois depois de três dias parte do álcool terá evaporado, uma vez que o tubo capilar não é vedado.
- d) Não é possível prever o que vai acontecer depois de três dias.

6) Ao calibrar seu termômetro, o estudante verificou que a coluna de líquido aumentou quando sua mão entrou em contato com ele. Isso aconteceu porque:

a) sua mão transferiu calor para o líquido elevando sua temperatura. Com isso as moléculas do líquido ficaram mais agitadas e começaram a se afastar umas das outras, ou seja, o líquido se expandiu.

b) sua mão transferiu temperatura para o líquido elevando sua energia térmica. Com isso as moléculas do líquido ficaram mais agitadas e começaram a se afastar umas das outras, ou seja, o líquido se expandiu.

c) o líquido transferiu calor para sua mão ficando mais quente. Com isso as moléculas do líquido ficaram mais agitadas e começaram a se afastar umas das outras, ou seja, o líquido se expandiu.

d) o líquido transferiu frio para sua mão elevando sua temperatura. Com isso as moléculas do líquido ficaram mais agitadas e começaram a se afastar uma das outras, ou seja, o líquido se expandiu.

7) Para testar a lei zero da termodinâmica, o aluno pegou um copo contendo água (corpo A) e outro contendo óleo (corpo B) e introduziu o termômetro (corpo C) na água e marcou a altura da coluna de líquido do termômetro. Depois fez o mesmo para o óleo e comparou as alturas da coluna em A e B. Após esses procedimentos o aluno concluiu que a altura da coluna de líquido do termômetro é:

a) maior em A do que em B, pois a água é mais densa que o óleo.

b) menor em A do que em B, pois a temperatura da água é menor que do óleo.

c) igual em A e B, pois a água e o óleo estão à mesma temperatura.

d) diferente em A e B, pois a água e o óleo não estão em equilíbrio térmico entre si.

8) Suponha que para construir seu termômetro, o estudante dispusesse, para fazer o papel de tubo capilar, de dois canudos de plástico transparentes, A e B, com diâmetro interno de 2 e 4mm, respectivamente. Se ele decidisse utilizar o canudo A, o comprimento deste canudo,

para o mesmo volume de líquido dilatado, deveria ser: (Lembrando que $\Delta V = \pi r^2 h$, onde ΔV representa o volume de líquido dilatado, r o raio do canudo e h o comprimento.)

- a) duas vezes maior, pois, para o mesmo volume de líquido, o comprimento do canudo é inversamente proporcional ao seu raio.
- b) quatro vezes maior, pois, para o mesmo volume de líquido, o comprimento do canudo é inversamente proporcional ao quadrado do seu raio.
- c) quatro vezes maior, pois, para o mesmo volume de líquido, o comprimento do canudo é diretamente proporcional ao seu raio.
- d) o mesmo, pois, para o mesmo volume de líquido, o comprimento do canudo independe do seu raio.

APÊNDICE H – Questionário de opinião**Questionário de opinião**

1. Você já realizou, em anos anteriores, experiências nas aulas de Ciências (Física, Química ou Biologia)?

() Sim () Não

Se você respondeu não vá para o item 3.

2. Com que frequência você realizou experiências em anos anteriores?

() Com pouca frequência.

() Com razoável frequência.

() Com muita frequência.

3. Você considera que as atividades experimentais estimulam à aprendizagem?

() Sim () Não

4. Para você, a realização de atividades experimentais nas aulas de Física facilita a aprendizagem do conteúdo?

() Sim () Não

5. Como você prefere aprender Física? (Assinale no máximo duas opções.)

- Por meio de aulas expositivas.
- Resolvendo exercícios.
- Através de discussão em grupos.
- Realizando experiências.
- Estudando o livro didático.
- Outros.

6. O que você achou da atividade experimental “Construindo um termômetro de coluna líquida”, proposta pelo professor?

Comentários e/ou sugestões:

ANEXO

ANEXO A – Roteiro do professor

CONSTRUÇÃO DO TERMÔMETRO DE COLUNA LÍQUIDA

Roteiro do Professor

Cleidson Santiago de Oliveira

James Alves de Souza

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos professores de Ciências, particularmente de Física, concorda que atividades experimentais (AE) geralmente despertam maior interesse dos alunos pelas aulas (DORNELES, 2010; LABURÚ, 2006). Também diversos trabalhos publicados em revistas especializadas em Ensino de Ciências reforçam a ideia de que utilizar a experimentação como estratégia de ensino pode estimular o aluno a engajar-se no conteúdo que está sendo abordado favorecendo, assim, a aprendizagem de conceitos (ALVES, STACHAK, 2005; LABURÚ, 2006). Ainda que as AE não sejam por si só suficientes para a aprendizagem, a literatura aponta que estudantes que têm aulas teóricas com suporte experimental, seja na metodologia tradicional ou em metodologias mais progressistas, apresentam melhores índices de aprendizagem (BARBOSA; PAULO; RINALDI, 1999; MORAES, A.; MORAES, L., 2000).

Dependendo de como as atividades práticas são abordadas no laboratório ou sala de aula, além de facilitar a aprendizagem de conceitos, elas podem contribuir para que os alunos desenvolvam certas habilidades e competências, como refletir e analisar criticamente, interagir socialmente, propor e verificar hipóteses, planejar e fazer experimentos, argumentar e debater idéias, realizar e registrar medidas e observações, elaborar relatórios, selecionar variáveis, estabelecer relações, entre outras.

Apesar dos benefícios que as AE podem proporcionar aos estudantes, esse recurso é pouco utilizado nas aulas de Física, porém, quando utilizados, os mesmos não são cuidadosamente avaliados de modo que suas potencialidades sejam bem exploradas. Na maioria das vezes ela é empregada apenas como elemento motivador sem estabelecer uma relação com o conteúdo tratado na sala de aula (BARBOSA; PAULO; RINALDI, 1999; SOUZA; OLIVEIRA, 2010). No entanto se queremos nos valer desse recurso para elevar o nível de aprendizagem - quer conceitual, procedimental e/ou atitudinal - dos nossos alunos, é imprescindível que o experimento seja realizado de forma articulada com uma base teórica.

Nas próximas seções faremos algumas discussões sobre três possíveis maneiras de se explorar AE no ensino de ciências: por demonstração, tarefa de casa e laboratório (no que diz respeito à execução em sala de aula sob a supervisão do professor). Em seguida damos um enfoque em atividades práticas com caráter investigativo (AEI) de

modo a discutir a elaboração de um guia experimental aberto. Nesta discussão tratamos um exemplo de teoria auxiliada por experimentação através de um simples experimento, a construção de um termômetro de coluna líquida, o qual exploramos a aplicação em sala de aula. Um guia da atividade para os alunos, um roteiro para orientar os estudantes na construção do relatório da atividade e um questionário são disponibilizados, respectivamente, nos Apêndices A, D e E desta dissertação. .

2. ATIVIDADE EXPERIMENTAL NA SALA DE AULA: ALGUMAS POSSIBILIDADES

Atualmente, boa parte das escolas brasileiras de Ensino Médio (EM) não possui um laboratório de Ciências (Física, Química ou Biologia) e tão pouco contempla em sua grade curricular aulas experimentais, principalmente na rede pública. Para os professores que consideram a atividade experimental importante para a aprendizagem dos seus alunos, mas vivenciam essa realidade, a saída é improvisar, ou seja, realizar essas atividades na própria sala de aula com materiais alternativos e de baixo custo.

No entanto, como realizar atividades experimentais em um espaço pouco apropriado como a sala de aula (muita das vezes superlotada)? Como incluir atividades práticas na escola média, se o número de aulas semanais (em geral, duas aulas por semana) é incompatível com a enorme gama de conteúdos que deve ser trabalhado pelo professor no decorrer do ano? Com base na experiência dos autores deste trabalho e também na literatura, apresentaremos a seguir algumas possibilidades para essa prática em sala de aula.

2.1 Atividade experimental como demonstração

A demonstração experimental não é uma atividade realizada propriamente pelos estudantes, mas sim pelo professor. Nesse tipo de atividade o professor pode montar o experimento em sala de aula explicitando aos alunos os materiais utilizados e as etapas da montagem do experimento ou simplesmente levar o experimento pronto para a aula e, sem muitos detalhes, falar o que se pode e se pretende fazer com aquele determinado aparato experimental. Em seguida o professor realiza a demonstração enquanto seus alunos observam o fenômeno e registram suas observações.

Propostas dessa natureza são bem interessantes quando o professor pretende ilustrar um fenômeno, podendo essa atividade favorecer a compreensão de certos aspectos relacionados a este. Outra vantagem da demonstração experimental é que, em geral, demanda pouco tempo de execução, podendo, dessa forma, ser facilmente incorporada em uma aula expositiva, tanto no início da aula, com o propósito de despertar nos alunos o interesse pelo conteúdo a ser tratado, quanto no final, como complemento do assunto abordado (ARAÚJO;

ABIB, 2003). Além desses benefícios, práticas demonstrativas são recomendadas em salas onde há um excessivo número de alunos e também quando a atividade experimental pode oferecer certos riscos aos mesmos, tanto durante sua montagem quanto execução. Outra recomendação desta prática se dá quando a mesma exige materiais e/ou dispositivos bem específicos dificilmente encontrados no comércio comum (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

Apesar das vantagens mencionadas acima, nossa experiência com demonstrações experimentais no EM, tem mostrado que na maioria das vezes a motivação despertada inicialmente nos estudantes por essas atividades, acaba desvanecendo assim que a demonstração é finalizada. Quando isso ocorre, a atividade experimental acaba ficando no plano do lúdico, contribuindo muito pouco para a aprendizagem de conceitos.

Outro fator a se considerar nas atividades de demonstração, é a limitada interação dos estudantes com o experimento. Como é o professor que monta e manipula o experimento, não há oportunidade para os alunos desenvolverem certas habilidades práticas como, por exemplo, manusear equipamentos e instrumentos específicos, fazer medições e realizar pequenas montagens (BORGES, 2002).

2.2 Atividade experimental como tarefa de casa

Outra possibilidade para o professor que não dispõem de um laboratório em sua escola e as condições em sala de aula são pouco adequadas para atividades práticas, é propor aos alunos AE como tarefa de casa.

Nesse caso, o professor deve fornecer aos estudantes um roteiro descrevendo os materiais a serem utilizados e orientando a montagem do experimento. Os alunos, por sua vez, vão pesquisar e providenciar os materiais, executar a montagem e analisar os resultados em suas casas. Na aula seguinte, as dúvidas sobre o funcionamento do experimento e os resultados obtidos geralmente são discutidos com o professor, que daria um novo prazo, se necessário, para eles refazerem o experimento e, então, escreverem o relatório da experiência e/ou responderem algum questionário.

Uma vez que os alunos vão realizar a atividade sem a presença do professor para supervisioná-los e orientá-los, o roteiro deve ser bem detalhado, apontando as dificuldades que eles podem encontrar ao realizar a tarefa, fatores que podem comprometer os

resultados da experiência e, principalmente, as situações que podem oferecer algum risco à integridade física deles e que, portanto, deve ser realizada com o auxílio de um adulto. Por essa razão, AE guiadas por roteiros fechados acabam sendo muitas das vezes a opção mais adequada, uma vez que seguindo o “receituário” os estudantes montam o experimento e obtêm os resultados experimentais sem grandes dificuldades, embora sua contribuição para a aprendizagem dos alunos seja amplamente questionada na literatura (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; BORGES, 2002; CACHAPUZ et al., 2005; CARRASCOSA et al., 2006; DORNELLES, 2010; JOAQUIM, 1992; OLIVEIRA; SOUZA, 2011).

Como, nessa proposta, a construção e realização do experimento acontecem fora do horário de aula, o professor pode dedicar mais tempo à discussão dos resultados em sala de aula (fator que é muitas vezes negligenciado por falta de tempo) sem comprometer a ementa do curso. Outra vantagem de propor atividades experimentais como tarefa de casa, consiste na oportunidade que o aluno tem de ele próprio montar e manipular o experimento, testar seu funcionamento, promover adaptações que visem seu melhor funcionamento e fazer medições. Estas habilidades, se forem bem desenvolvidas, serão importantes para sua formação básica, pois teremos alunos com senso crítico capazes de propor soluções para problemas diversos. Vale lembrar que os alunos dificilmente terão oportunidades para desenvolver tais habilidades após o término do EM.

Apesar dos benefícios esperados, propor aos alunos que realizem atividades práticas em casa (fora do horário de aula) só é recomendado quando os experimentos podem ser realizados com materiais alternativos e de baixo custo, podem ser montados e executados facilmente e, principalmente, não oferecem riscos à integridade física dos estudantes como já citado anteriormente.

Além disso, a realização de AE em grupo, as quais consideramos serem mais interessantes, já que possibilita maior interação entre os alunos, nem sempre é possível. Quando os estudantes, por alguma razão, têm dificuldade de se reunirem fora do horário de aula, eles podem não realizar a AE proposta ou, então, um aluno do grupo realiza a atividade e os outros membros apenas colocam o nome no trabalho. E, mesmo quando os alunos trazem o experimento com os resultados obtidos, nem sempre o professor consegue ter certeza de que foram eles mesmos que fizeram a atividade ou se foi realizada por terceiros, tornando a avaliação dificultada.

Outra dificuldade que o professor pode se deparar nesse tipo de proposta acontece quando parte dos alunos (ou dos grupos de alunos) realizam o experimento em casa e leva os resultados para serem discutidos em sala de aula enquanto que a outra parte dos alunos não realiza a atividade e, portanto, não tem resultado algum para ser debatido. Situações como essa, de certa forma, comprometem o andamento da disciplina e exige do professor “jogo de cintura” para contorná-las.

2.3 Atividade experimental realizada pelos alunos em sala de aula

Uma terceira proposta, do nosso ponto de vista mais interessante que as duas anteriores, consiste em utilizar o próprio espaço da sala de aula como laboratório, ou seja, propor atividades experimentais para os alunos realizarem durante a aula.

É claro que a falta de bancadas, pias, instrumentos e dispositivos específicos de um laboratório oferece certas dificuldades e limitações para o professor desenvolver aulas práticas. Por essa razão a AE tem que ser bem planejada e todos os materiais e recursos necessários devem ser providenciados com antecedência para que não haja nenhum transtorno que comprometa a realização da atividade no momento da aula. No entanto, podemos superar essa dificuldade recorrendo a materiais alternativos e de baixo custo que possam ser manipulados facilmente em sala de aula.

Pesquisar e providenciar os materiais necessários pode ser a tarefa de casa para os alunos, ficando a construção e/ou montagem do experimento, a experimentação e a análise dos resultados para ser realizado pelos alunos, sob acompanhamento do professor, em sala de aula. Já o relatório da atividade poderia ser realizado tanto em sala de aula como em outro espaço fora do horário de aula, isso depende da realidade do professor e dos seus alunos.

A experiência sendo realizada pelos alunos em sala de aula é vantajosa em vários aspectos. Primeiro, o professor pode monitorar os estudantes que realmente estão trabalhando na atividade e instigar aqueles que não estão se envolvendo com a prática. Segundo, o professor consegue supervisionar se os alunos ao realizar o experimento estão livres de situações que possam oferecer algum risco a integridade física deles. Terceiro, a AE sendo realizada em sala de aula favorece o trabalho em grupo e, conseqüentemente, a interação social entre os estudantes e também entre eles e o professor, que é um fator importante para que os alunos possam expor e defender suas ideias, dar sugestões, mas

também ouvir as opiniões dos colegas para debater os problemas buscando coletivamente as soluções e aprender a conviver com os outros, que é um tipo de aprendizagem fundamental no mundo atual, no entanto pouco estimulada nas escolas.

Com esta proposta, o professor, que é a pessoa que mais entende sobre o assunto, pode acompanhar o trabalho dos alunos mais de perto, mediar de maneira mais efetiva suas interações tanto nos pequenos grupos quanto no grande grupo (classe toda), assim como suas interações com a própria atividade. Esta também tem a vantagem de facilitar a realização de AEI, podendo dar oportunidade aos alunos a participarem de sua organização e planejamento.

É importante ressaltar que AEI vem sendo defendida na literatura a algum tempo (BORGES, 2002; CACHAPUZ et al., 2005; CARRASCOSA et al., 2006; DORNELLES, 2010; SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006). Os defensores dessa ideia acreditam ser esse tipo de atividade mais benéfica para o processo de aprendizagem dos alunos, uma vez que além de possibilitar a aprendizagem de conceitos, esta pode contribuir para o desenvolvimento de certas habilidades e competências tais como: refletir e analisar criticamente, interagir socialmente, propor e verificar hipóteses, planejar e fazer experimentos, argumentar, debater e testar idéias, realizar e registrar medidas e observações, elaborar relatórios, selecionar variáveis, estabelecer relações, entre outras que, de certa forma, aproximam os estudantes de uma visão mais real da ciência e da atividade científica.

Como nessa proposta os alunos constroem o experimento, realiza a experimentação, analisa e discutem os resultados durante a aula, as atividades em geral, demandam um tempo maior de execução. E isto principalmente quando as turmas são grandes e/ou as práticas são de caráter investigativo, podendo comprometer o programa de conteúdos previsto para o semestre ou ano letivo. Caberá ao professor, de acordo com a sua realidade, avaliar o custo-benefício da atividade, ou seja, julgar se as contribuições que um determinado experimento pode trazer para a aprendizagem dos estudantes - quer seja conceitual, procedimental ou atitudinal - vale o tempo nele empregado. Contudo, ao fazer esse julgamento, é fundamental que o professor reflita sobre o que é mais importante para o processo de ensino-aprendizagem: estratégias que favoreçam o desenvolvimento de habilidades e competências, como as mencionadas anteriormente, por nossos alunos ou estratégias que valorizam o cumprimento de um extenso programa de conteúdos. Como nem

sempre é possível combinar essas duas “dimensões”, acreditamos ser a primeira opção mais relevante para os propósitos da educação na atualidade.

2.4 Considerações

As três sugestões apresentadas acima não constituem as únicas alternativas para contornar a falta de um laboratório de Física na escola, mas sim aquelas que já experimentamos nas salas de aula do EM. Os benefícios e desvantagens apontados em cada proposta estão baseados, em grande parte, nas observações e análises que fizemos durante a realização dessas aulas práticas nas escolas, principalmente da rede pública.

Esperamos com essa seção ajudar os professores que, por não ter um laboratório em suas escolas, têm deixado de realizar aulas práticas. A opção por uma ou outra proposta cabe a cada professor, de acordo com sua experiência e realidade. Além disso, o professor não é obrigado a trabalhar com um único tipo de proposta, podendo fazer sua escolha de acordo com a ocasião. Num dado momento ele pode julgar ser mais conveniente realizar uma demonstração para toda classe, numa outra circunstância propor aos alunos que realizem o experimento em sala de aula ou, ainda, passar a atividade experimental como tarefa de casa.

Pela nossa experiência vimos o quão importante é a introdução de AE no Ensino de Ciências, independente da estratégia adotada. Porém, concordamos com Lopes²², citado por Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006), que considera ser desejável que, com o tempo, essas atividades evoluam para formatos investigativos, favorecendo assim, o desenvolvimento de habilidades e atitudes de grau superior pelos alunos.

Mas como propor atividades práticas com caráter investigativo? Como elaborar um guia experimental mais aberto? Esse é o assunto da próxima seção.

²² LOPES, J. M. G. **Supervisão do trabalho experimental no 3º ciclo do Ensino Básico**: um modelo inovador. Dissertação de Mestrado não publicada, Universidade de Aveiro, 1994.

3. ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM ENFOQUE INVESTIGATIVO: UMA ORIENTAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM TERMÔMETRO DE COLUNA LÍQUIDA

Veremos na seção 4 a infinidade de assuntos que podem ser tratados construindo um termômetro. No entanto, a qualidade da aprendizagem vai depender, em boa parte, da metodologia utilizada pelo professor para explorar esse experimento em sala de aula. Dessa forma, pretendemos, a seguir, apresentar uma sugestão metodológica para que essa atividade potencialize a aprendizagem não só conceitual como também procedimental e atitudinal pelos estudantes.

3.1 Atividade experimental centrada na investigação

Ainda hoje as atividades experimentais realizadas – quando são realizadas – nas escolas de nível médio (e também nas de nível superior), em geral, seguem um padrão de “receita de bolo”, ou seja, os alunos recebem uma lista dos materiais que deverão ser utilizados na atividade e um roteiro sistemático de como se deve proceder na montagem do experimento. Segue também nestes roteiros um receituário sobre o que deve ser medido e/ou observado pelos estudantes objetivando alcançar algum conceito ou lei que descreva o fenômeno estudado em questão. Esta forma tradicional de trabalhar as atividades práticas nas escolas tem sido muito criticada por diversos pesquisadores da área de ensino de Ciências nos últimos anos (BORGES, 2002; BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; CACHAPUZ et al., 2005; CARRASCOSA et al., 2006; JOAQUIM, 1992; OLIVEIRA; SOUZA, 2011). Para estes pesquisadores essa prática além de se mostrar limitada acaba transmitindo aos alunos uma visão distorcida da Ciência, uma vez que aspectos fundamentais da construção do conhecimento científico, como por exemplo, a discussão sobre a relevância do trabalho que será realizado, o esclarecimento da problemática em que ele se insere, a participação dos estudantes no levantamento de hipóteses e na análise dos resultados obtidos, são excluídos da atividade (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; CACHAPUZ et al., 2005; CARRASCOSA et al., 2006). Nessa linha, muitos trabalhos publicados nas últimas duas décadas apontam como alternativa às atividades práticas tradicionais, o trabalho experimental como atividade investigativa (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; BORGES, 2002;

CACHAPUZ et al., 2005; CARRASCOSA et al., 2006; SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006).

Para Carrascosa et al. (2006), uma atividade experimental centrada na investigação deve apresentar certos aspectos como: 1. apresentar situações problemas abertas, com um nível de dificuldade adequado para os estudantes; 2. favorecer a reflexão sobre a relevância e o possível interesse pelas situações propostas, que de sentido ao seu estudo; 3. potencializar a análise qualitativa, sem deixar de lado o papel essencial da matemática como instrumento de investigação; 4. estabelecer o levantamento de hipóteses como atividade central da investigação científica; 5. considerar a importância da elaboração de modelos e do planejamento da atividade experimental pelos próprios estudantes; 6. promover uma análise minuciosa dos resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.); 7. considerar a possibilidade de novas perspectivas (replanejamento do estudo); 8. pedir um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimentos, assim como as possíveis implicações em outros campos do conhecimento; 9. dar uma especial atenção a elaboração de relatórios que refletem o trabalho realizado e 10. potencializar a dimensão do trabalho científico.

Crentes nos benefícios dessa proposta para a aprendizagem de conceitos e para a formação de uma visão mais realista da Ciência, apresentaremos a seguir, inspirados nos aspectos mencionados acima, uma orientação para a realização da atividade de construção de um termômetro didático voltada para uma prática investigativa. No entanto, como uma atividade dessa natureza pode ser muito difícil para estudantes sem conhecimento de conteúdo (BORGES, 2002), é importante, antes de iniciar a atividade, que o professor se certifique de que os alunos já tenham estudado os conceitos de temperatura e calor, propagação do calor em meios materiais, o comportamento térmico das substâncias e a lei matemática que rege a expansão térmica dos corpos. Ainda que alguns desses conceitos não estejam muito claros para os estudantes, não tem problema, pois a AEI deve consistir em mais uma oportunidade para que esses conceitos sejam retomados e compreendidos por eles.

3.2 Construção de um termômetro de coluna líquida: orientação para uma prática investigativa

Este trabalho está dividido em cinco etapas que serão descritos na sequência: i. *Contextualização*, ii. *Provocação*, iii. *Planejamento*, iv. *Realização* e v. *Fechamento*, lembrando que o tratamento de cada etapa é sugestivo para a realização da atividade.

i. Contextualização

Inicialmente, o professor deve discutir com os alunos a importância da construção e do aperfeiçoamento dos termômetros no meio científico e sua utilidade para a sociedade. Deve-se debater também o funcionamento dos termômetros. É importante que os estudantes participem dessa primeira etapa manifestando aquilo que já sabem sobre esse aparelho e a medida de temperatura. Para isso, esse momento deve ser conduzido pelo professor através de questionamentos tais como: “*Vocês já usaram um termômetro?*” “*Com que finalidade?*” “*Que tipos de termômetros vocês já viram?*” “*Por que é importante medir a temperatura?*” “*Vocês saberiam dizer quando o primeiro termômetro foi construído?*” “*Que fatores motivaram a construção desse aparelho?*” “*Como funcionam os termômetros de coluna líquida?*”. Questões como essas têm a finalidade de instigar o envolvimento e participação dos alunos no debate. Certamente, muitas informações a esse respeito são desconhecidas pelos estudantes, portanto caberá ao professor sistematizar essa discussão no final, apresentando outras informações que contribuam para motivá-los.

ii. Provocação

Assim como qualquer outra estratégia de ensino, a contribuição da AEI para a aprendizagem de conceitos pelos estudantes vai depender, em parte, do quanto eles estão motivados e interessados dentro da sala de aula. Nesse sentido é importante que o experimento a ser proposto apresente um “*formato cativante*”, de modo que seja potencialmente motivador (LABURÚ, 2006).

Uma possibilidade para que a motivação inicial seja mantida nessa segunda etapa, é propor aos alunos a atividade experimental em forma de desafio. Dessa maneira, discuta com eles a possibilidade de se construir, em sala de aula, um termômetro de coluna

líquida que permita medir a temperatura ambiente, por exemplo. É necessário deixar claro aos alunos que os materiais a serem utilizados na construção do termômetro sejam de baixo custo e facilmente encontrados no comércio ou em casa. Isso garantirá a participação de todos, uma vez que estamos tratando o problema na rede pública de ensino onde existem muitos alunos desfavorecidos economicamente.

Nesse momento, a turma deve ser dividida em pequenos grupos para discutir a possibilidade de se construir um termômetro dessa natureza e esquematizar sua montagem. Para isso, é fundamental que eles tenham em mente as partes desse tipo de termômetro: bulbo, tubo capilar, substância termométrica e escala termométrica, os quais serão discutidos na próxima seção. A seguir peça para cada grupo apresentar para os demais colegas sua proposta discriminando os materiais a serem utilizados e as etapas da montagem.

Uma vez feita à provocação, o próximo passo é sistematizar um pouco mais a atividade, mas tomando o cuidado para que ela não perca seu caráter motivador.

iii. Planejamento

Após a apresentação dos esquemas prévios da construção do termômetro pelos estudantes, o professor deve apresentar a sua proposta a eles (ver Apêndice A da dissertação). Essa apresentação deve conter apenas aspectos gerais da montagem experimental, lembrando que os detalhes devem fazer parte do trabalho de investigação dos alunos. Dessa forma, o professor deve discutir e apresentar os diversos materiais que poderão ser utilizados na construção do termômetro, mas a escolha dos materiais e as etapas da montagem devem ser decisão de cada grupo, caso contrário a proposta vai consistir em uma “receita de bolo”.

É fundamental que a motivação gerada pelo caráter desafiador da atividade perdure nas etapas subseqüentes, as quais exigirão habilidades e competências intelectuais para resolução de problemas que poderão aparecer durante a experimentação (LABURÚ, 2006). Para tanto, o professor deve instigar os estudantes com questionamentos do tipo: “*Que fatores influenciam no funcionamento de um termômetro de coluna líquida?*”, “*Que intervalo de temperatura esse termômetro pode registrar?*”, “*Qual(ais) líquido(s) pode(m) ser utilizados como substância termométrica?*”, “*Quanto o líquido deve se expandir no interior do tubo capilar?*”, “*Qual deve ser a capacidade do frasco, que fará o papel de bulbo do termômetro,*

para que o líquido não entorne pelo tubo capilar inviabilizando a construção da escala?”,
“Qual deve ser o procedimento para a construção da escala?”, etc.

Nessa etapa, o professor deve conduzir a atividade orientando o trabalho nos grupos e dando suporte as investigações dos alunos, mas sem interferir diretamente nas escolhas e decisões do grupo.

iv. Realização

Uma vez estudada e debatida a construção do termômetro, cada grupo deve decidir quais materiais irão utilizar e sair em busca destes para dar início a montagem do aparelho.

Apesar do estudo prévio sobre o comportamento térmico das substâncias e das discussões e orientações durante as etapas anteriores a essa, é muito provável que alguns grupos tomem decisões e façam escolhas equivocadas. Mesmo assim, o professor deve deixar que cada grupo construa o seu termômetro de acordo com o planejamento que fizeram. Uma sugestão é que a montagem do equipamento seja feita fora do horário de aula, para que o tempo de aula não seja consumido com essa parte da atividade, ficando apenas a calibração do termômetro para ser realizado em sala de aula sob supervisão do professor. Os grupos em que os termômetros não funcionarem deverão, acompanhados pelo professor, debater as dificuldades e buscar soluções para os problemas identificados. Nesse momento é imprescindível a presença do professor nas discussões e decisões do grupo, caso contrário corre-se o risco de se gastar um tempo muito grande, o que demandaria várias aulas, com esta atividade.

Após a calibração do termômetro, os alunos deverão fazer algumas medidas com seu aparelho e comparar o valor encontrado com o de um termômetro comercial. Essa comparação possibilitará uma discussão sobre a precisão e as limitações desse termômetro.

v. Fechamento

Para o encerramento da atividade é importante que o professor faça uma explanação sistematizada retomando os conceitos envolvidos no desenvolvimento do

trabalho, assim como as dificuldades enfrentadas e as soluções encontradas pelos estudantes para os problemas que surgiram durante a sua realização. Essa discussão é muito importante para explicitar aos alunos o tipo de habilidades que eles conseguiram desenvolver durante a atividade. Também é interessante discutir como a construção dos termômetros comerciais evoluíram no decorrer dos anos, para que os alunos percebam que as dificuldades enfrentadas pelos cientistas e inventores se assemelham, em parte, às suas ao construírem o termômetro. Além disso, essa discussão pode contribuir para o entendimento da relação existente entre Ciência e Tecnologia e que o desenvolvimento de ambas está diretamente correlacionado.

Por último, proponha aos alunos algumas questões que permitam avaliar o quanto eles aprenderam com essa atividade (o Apêndice E da dissertação apresenta uma sugestão de questionário para os estudantes). Uma outra atividade interessante consiste em pedir para eles divulgar os resultados do trabalho experimental através de relatórios (o Apêndice D da dissertação traz uma orientação para os aprendizes construírem o relatório da atividade), painéis ou seminários. Além de desenvolver nos estudantes a habilidade de escrever e/ou defender suas idéias em público, esse tipo de atividade consiste numa excelente ferramenta para o professor avaliar a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades de cada um, permitindo observar aqueles que não conseguiram acompanhar o processo.

A seguir apresentamos a AE que permitirá entendermos de maneira clara as orientações descritas nesta seção.

4. ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CONSTRUINDO UM TERMÔMETRO DE COLUNA LÍQUIDA

4.1 Introdução teórica

Num dia muito frio de inverno um copo de alumínio parece muito mais frio quando o tocamos que um copo de plástico, mesmo ambos estando localizados em um mesmo local sob as mesmas condições. Até mesmo em um dia ensolarado um piso de cerâmica de uma sala nos parece mais frio do que o tapete presente nesta mesma sala. A diferença nas sensações se deve ao fato do calor escoar dos nossos dedos ou pés de maneira muito mais fácil pelo alumínio e pela cerâmica do que pelos outros materiais. Estamos acostumados a dizer que corpos mais frios estão a temperaturas menores que corpos mais quentes. Mas o que é na realidade a temperatura? Seria um conceito criado para diferenciar nossa sensação instintiva de quente e frio? Na realidade sim, o conceito de temperatura originou-se nas percepções sensoriais humanas. Mas nosso “sentido de temperatura” nem sempre é confiável, como nos exemplos acima onde temos materiais à mesma temperatura, mesmo tendo sensações térmicas diferentes para cada um deles. Vemos então que nosso sentido de temperatura tem um alcance restrito, necessitando por isso, de uma definição um pouco mais rigorosa devido a sua importância na ciência (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996; LEE; SEARS, 1969; NUSSENZWEIG, 2002).

Temperatura é um dos conceitos fundamentais da área da Física conhecida como Termodinâmica. Esta lida com fenômenos associados aos conceitos de temperatura e calor. Para entendermos de maneira objetiva o que esta grandeza representa precisamos primeiramente saber o que é equilíbrio térmico. O equilíbrio térmico de um corpo é caracterizado quando não conseguimos mais observar variações nas propriedades desse corpo, como o volume, rigidez, etc. Dizemos que o corpo atingiu um estado final. Um exemplo disto ocorre quando enchemos uma fôrma de cubos de gelo com água e introduzimos no congelador. Podemos monitorar o estado da água na fôrma a cada dez minutos, por exemplo. Percebemos que a água ficará mais fria e começará a formar camadas de gelo na superfície dos cubos da fôrma até que toda a água da mesma esteja congelada. Mesmo continuando nossa monitoração perceberemos que os cubos de gelo formados não mudarão sua aparência, ou estado. Estes permanecerão congelados enquanto estiverem no congelador. Observamos então que o sistema, fôrma com água, atingiu o equilíbrio térmico

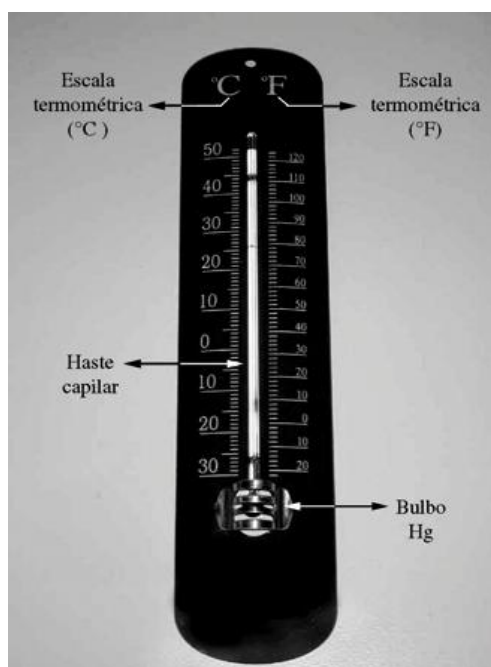
com o congelador. Mas onde entra a temperatura nessa história? No fato de que *“quando dois corpos estão em equilíbrio térmico um com o outro, as suas temperaturas são iguais”*. Este enunciado é conhecido como a lei zero da termodinâmica. Vemos então que todo corpo tem uma propriedade chamada temperatura, que é uma propriedade física comum a todos os corpos em equilíbrio térmico. Com esta definição poderíamos pensar agora: se medirmos a temperatura do congelador e a dos blocos de gelo, encontraremos o mesmo valor? A resposta é sim. O mesmo aconteceria com o copo de alumínio e de plástico, ou o piso de cerâmica e o tapete se ambos estivessem nas mesmas condições, mesma sala, por exemplo. Mas agora surge a seguinte dúvida, como podemos medir a temperatura de um corpo sem sermos enganados por nossas sensações térmicas, como nos exemplos citados no início do texto? Dos conceitos primitivos de calor e frio relativos desenvolveu-se a Ciência objetiva da Termometria. Para medir a temperatura de um corpo precisamos de um objeto que tenha ao menos uma propriedade mensurável. Esta propriedade deve variar apreciavelmente quando o corpo, cuja temperatura queremos medir, esteja fora do equilíbrio térmico com este objeto. Estamos falando do termômetro. Com um termômetro arbitrariamente escolhido é possível formular um conjunto de regras para representar as temperaturas por números, ou seja, construir uma escala de temperaturas.

Atualmente existem diversos tipos de termômetros que diferem uns dos outros basicamente por uma quantidade física, dita propriedade termométrica, cujas variações indicam a variação de temperatura. Os termômetros de líquido, como o de mercúrio e o de álcool colorido, são os mais conhecidos, mas não necessariamente os mais precisos. Muitas pessoas têm um termômetro desse tipo em casa para medir a temperatura corporal ou mesmo a temperatura ambiente e de outros corpos. Nesses termômetros a grandeza termométrica é o volume do líquido que, ao variar, muda a altura do líquido no capilar. Existem também termômetros de gás, nos quais há duas possibilidades de grandezas termométricas: o volume ou a pressão do gás. A opção por uma dessas grandezas implica que a outra deve permanecer constante. Outro exemplo é o termômetro de resistência de platina, cuja propriedade termométrica é a resistência elétrica de um fio desse metal (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006).

A proposta desta atividade será a construção de um termômetro de coluna líquida. Vamos conhecer um pouco mais esse tipo de termômetro. Basicamente ele é

constituído de um tubo capilar²³ de vidro que se adapta a um bulbo (espécie de reservatório) também de vidro, onde o líquido é armazenado. Sendo o tubo capilar de material uniforme e geometricamente simétrico, qualquer variação no volume do líquido será percebida pela mudança da altura da coluna líquida. Dessa forma, é possível associar para cada altura do líquido uma temperatura correspondente. Essa correspondência se dá através de uma escala termométrica colocada no termômetro junto ao tubo capilar (figura 1).

Figura 1 - Termômetro de mercúrio com suas respectivas partes evidenciadas.



Fonte: Pires; Afonso; Chaves, 2006.

Para determinarmos a temperatura T de um sistema qualquer, o termômetro deve ser inicialmente levado ao contato térmico com um sistema padrão arbitrariamente escolhido em estado facilmente reprodutível, ou seja, independentemente do número de vezes que fizermos este procedimento devemos sempre obter a mesma resposta. A temperatura do sistema padrão no estado escolhido chama-se ponto fixo. Antes de 1954 havia dois pontos fixos, sendo que os mais utilizados eram: a temperatura de fusão do gelo sob pressão normal

²³ Para que um termômetro de coluna líquida funcione bem e tenha boa precisão, o tubo capilar deve: a) ser feito de vidro capaz de resistir ao intervalo de temperatura em que o termômetro será utilizado, b) não apresentar quaisquer rugosidades e irregularidades internas, c) não ser quimicamente reativo com o líquido, d) apresentar uma dilatação desprezível em relação à do líquido e e) ter em toda parte o mesmo diâmetro interno afim de que as divisões iguais da escala correspondam a iguais variações de temperatura, ou seja, a leitura deve ser linear (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006).

(primeiro ponto fixo ou ponto de gelo, T_g) e a temperatura de ebulição da água sob pressão normal (segundo ponto fixo ou ponto de vapor, T_v). O intervalo entre esses dois pontos (T_g e T_v) era dividido em partes iguais de forma que cada uma das partes desse intervalo constituía a unidade de escala de temperatura (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006). Dessa forma, a escala termométrica estabelecida ao se graduar um termômetro, representa o conjunto de valores numéricos que a temperatura T pode assumir. Esses valores dependem da escala utilizada, mesmo quando estão baseadas nos mesmos pontos de referência. As escalas mais comuns, com os respectivos valores para os pontos fixos (fusão e ebulição) da água são: escala Celsius (0 °C e 100 °C), escala Fahrenheit (32 °F e 212 °F) e escala Kelvin (273 K e 373 K). Desde 1954, a calibração de termômetros passou a utilizar como padrão o ponto tríplice da água, temperatura em que coexistem água líquida, gelo e vapor de água. Isso ocorre num valor de temperatura de 0,01 °C ou 273,16 K, por definição, e à pressão de 610 Pa (0,006 atm) bem definidos. Apesar da mudança de padrão, esses valores foram adotados e ajustados de forma a concordar com aqueles valores que já eram utilizados a partir dos antigos pontos fixos correspondentes à fusão do gelo e à ebulição da água (GASPAR, 2000).

Em qualquer tipo de termômetro a temperatura só pode ser obtida de forma indireta, ou seja, medimos alguma grandeza macroscópica (grandeza termométrica) que varia linearmente com a temperatura e, então, associamos a cada valor dessa grandeza um valor de temperatura.

Como mencionado anteriormente, nos termômetros de coluna líquida essa grandeza é o volume do líquido (substância termométrica) no interior de um tubo capilar de diâmetro uniforme, que varia quando o líquido se expande ou se contrai ao trocar calor com outro sistema que esteja a uma temperatura diferente. Mas por que as dimensões de um sistema se modificam quando a sua temperatura varia? Na verdade, quando uma substância sofre uma elevação de temperatura suas moléculas ou átomos ficam mais agitados, ou seja, passam a oscilar, em média, mais rapidamente e tendem a se afastar umas das outras. O contrário ocorre quando a substância é resfriada. Esse comportamento térmico é observado na maioria das substâncias, independente do seu estado físico. Uma das poucas exceções é a água, que apresenta uma pequena anomalia no intervalo entre 0 e 4 °C, ou seja, quando a

água é aquecida de 0 a 4 °C seu volume diminui ao invés de aumentar, mas isso se deve a sua estrutura cristalina no estado sólido²⁴.

Entretanto, para o líquido (mercúrio ou álcool etílico, por exemplo) se expandir ou se contrair dentro do tubo capilar de um termômetro é necessário que o tubo seja aquecido ou resfriado. Assim, como é possível avaliarmos a expansão do líquido se as dimensões do recipiente em que ele está contido também sofrem variações com a temperatura? Isso só é possível porque quase sempre os sólidos se dilatam bem menos que os líquidos.

De fato, o que observamos e podemos medir diretamente na dilatação de um líquido é sua dilatação aparente, já que uma parte do líquido dilatado ocupa o volume do recipiente que foi acrescido durante o aquecimento. Porém, em alguns casos, quando o coeficiente de dilatação volumétrica de um líquido é bem maior do que a do recipiente que ele está contido, a dilatação aparente do líquido se aproxima bastante da sua dilatação real. Na fabricação de termômetros comerciais, para que a dilatação do vidro seja desprezível em relação à do líquido, o vidro passa por um processo de recozimento (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006).

4.2 Informações importantes para a realização da atividade

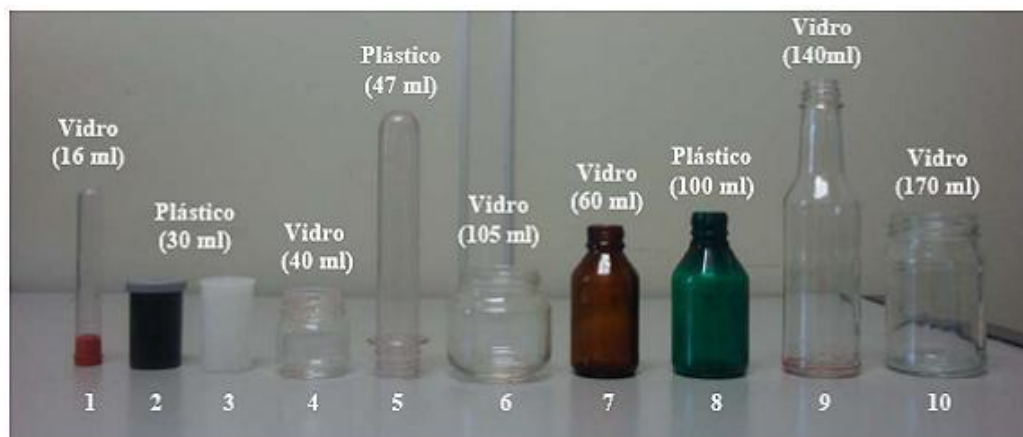
Nesta etapa já temos conhecimento sobre a teoria física envolvida no funcionamento de um termômetro. É importante em um primeiro momento fazermos um plano de trabalho antes de começar qualquer AE. Vamos tentar relacionar o que sabemos sobre cada parte do termômetro com os materiais que temos à disposição. Pelo que foi discutido anteriormente os componentes básicos deste instrumento de medida são: o bulbo, o tubo capilar, a substância termométrica e a escala termométrica. Vamos olhar para cada um deles separadamente.

Já vimos que o bulbo funciona como um reservatório para o líquido utilizado como substância termométrica. A princípio qualquer frasco de vidro ou de plástico que seja transparente (ou pelo menos translúcido o suficiente para enxergarmos o líquido contido em

²⁴ Uma discussão aprofundada do comportamento anômalo da água e de sua implicação para a natureza pode ser encontrada nas referências: Lee; Sears, 1969, Halliday; Resnick; Walker, 1996, Gaspar, 2000 e Nussenzweig, 2002.

seu interior) poderá ser utilizado como bulbo do termômetro. A figura 2 mostra algumas opções de frascos que podem ser testados para fazer o bulbo.

Figura 2- Exemplos de recipientes que podem, a princípio, serem utilizados como bulbo do termômetro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O tubo capilar será o nosso indicativo de temperatura, com o líquido subindo ou descendo à medida que ocorre mudanças de temperatura no ambiente ou corpo em que o termômetro for inserido. O ideal para a sua construção seria utilizarmos tubos finos de vidro, mas estes geralmente não são facilmente encontrados no comércio. Uma alternativa interessante é a utilização de tubos de plástico com diâmetro interno entre 2 e 4mm (canudos de refresco ou tubinhos de borrifadores de produtos de limpeza ou higiene pessoal, por exemplo). Neste caso, também é importante que os tubos sejam transparentes ou translúcidos o suficiente para enxergarmos nitidamente a variação da altura da coluna líquida em seu interior. A figura 3 mostra algumas sugestões que podem funcionar como tubo capilar.

Figura 3 - Alguns tubos que, a princípio, podem servir como tubo capilar para o termômetro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a substância termométrica temos, inicialmente, duas opções: álcool comum (92,8^o INPM) e água. Tanto para a primeira quanto para a segunda substância, como são incolores, será necessário a adição de algumas gotas de corante, para que a dilatação do líquido no tubo capilar se torne visível.

Não teremos que nos preocupar tanto em como fazer uma escala termométrica, pois esta será desenhada no próprio tubinho utilizado como tubo capilar. Pra isso precisaremos apenas de uma caneta marcadora de CDs ou DVDs já que o tubinho é feito de plástico. Não podemos nos esquecer que para desenharmos a escala precisaremos calibrar o termômetro nos dois pontos fixos escolhidos.

Agora chegamos ao ponto mais interessante do trabalho, que é a investigação científica. Diante de tantos materiais alternativos para a construção do termômetro, precisamos analisar quais são os mais adequados para a atividade. Vamos descobrir qual a melhor combinação – frasco e canudo – em termos de composição (plásticos, vidros, etc) e dimensões e qual a melhor substância termométrica para obtermos maior precisão e menor tempo de resposta na medida de temperatura de um corpo. Outro ponto importante está relacionado ao comprimento do tubinho disponível para desenharmos a escala do nosso termômetro. Este deve ser suficiente para fixarmos pelos menos os dois pontos fixos escolhidos.

Toda esta análise é muito importante para que nosso trabalho não seja baseado meramente em tentativas e erros, o que demanda um tempo considerável, não sendo viável para trabalhar em uma aula com a participação dos alunos. Veremos também a quantidade de informações que podemos extrair de um simples experimento e o quanto a atividade experimental pode complementar o estudo teórico de determinados fenômenos, permitindo ao aluno utilizar e aprender a teoria com os questionamentos que surgem no decorrer da atividade. A seguir daremos maiores detalhes sobre a análise de cada parte do termômetro durante sua montagem.

4.3 Mãos a obra

Para o bulbo do termômetro devemos nos atentar para os seguintes fatores: primeiramente para o material o qual é feito o frasco e depois para sua capacidade volumétrica. Mas por que estes fatores são importantes?

A medida de temperatura de um corpo será realizada pelo contato direto com o bulbo do termômetro. Portanto teremos transmissão de calor por condução do corpo para as paredes do bulbo. Logo, se o material que compõe o bulbo for um material de alta condutividade térmica teremos menor tempo de resposta para a medida de temperatura, ou seja, o sistema, *corpo e paredes do bulbo*, entrará em equilíbrio térmico mais rapidamente. Isto é muito útil para não perdermos tempo durante a calibração do termômetro, o que poderia tornar a atividade cansativa e desinteressante, sem contar que ainda teremos o processo de obtenção de equilíbrio térmico entre as paredes do bulbo e a substância termométrica, o qual discutiremos a seguir. A tabela I mostra a condutividade térmica de alguns materiais a temperatura ambiente ($\sim 25^{\circ}\text{C}$). Note que o vidro apresenta uma condutividade térmica de 1 a 2 ordens de grandeza maior que os plásticos, sendo por isso, a melhor alternativa para o material do bulbo.

TABELA I - Condutividade térmica de alguns materiais à temperatura ambiente ($\sim 25^{\circ}\text{C}$).

| Materiais | Condutividade térmica (W/m.K) |
|------------------|--|
| Vidro | 0,8 |
| Polietileno | $\approx 0,027$ |
| Poliestireno | 0,006 a 0,013 |

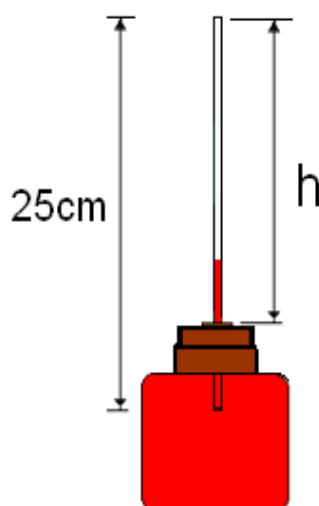
Fonte: Adaptado de Gaspar, 2000 e Frade; Paiva, 2006.

A capacidade do bulbo será importante tanto para a obtenção de equilíbrio térmico com maior rapidez quanto para a construção da escala. No primeiro caso é fácil enxergarmos, pois se tentarmos aquecer a quantidade de um balde cheio de água até a temperatura de ebulição, veremos que o tempo necessário para atingir esta temperatura será bem maior que aquele necessário para um copo com água. O processo de aquecimento neste caso se dá através da transmissão de calor por convecção, que ocorre quando um fluido, como o ar (gás) ou um líquido, está em contato com um objeto cuja temperatura é maior do que a

deste, como as paredes do bulbo. Portanto, quanto menor a quantidade de líquido, menor o tempo de termalização do sistema. A palavra termalização é um termo técnico comumente utilizado em ciência e faz referência ao tempo necessário para o sistema entrar em equilíbrio térmico. Para o segundo caso precisaremos do auxílio da teoria para descobrir qual o volume máximo que podemos ter para um comprimento fixo do tubo capilar, para viabilizar a construção da escala termométrica. Note que não temos muitas opções referentes ao comprimento dos tubos, mas temos muitas referentes à capacidade dos frascos. Por isso dizemos que o comprimento do tubo é fixo.

A hipótese inicial será a de que preencheremos completamente o volume do bulbo e parte do tubo capilar com a substância termométrica, da mesma forma que em um termômetro comercial. Se utilizarmos um canudinho, por exemplo, como tubo capilar, teremos um comprimento fixo de aproximadamente 25cm. Como temos que introduzir parte do canudo dentro do bulbo teremos um comprimento ainda menor para fazermos a escala do termômetro, dado por h , como mostra a figura 4.

Figura 4 - Protótipo do termômetro para otimização do volume do bulbo para o comprimento de um canudo de 25 cm. O valor de h é o comprimento disponível para a construção da escala termométrica. Na figura a substância termométrica é representada em cor vermelha.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para obtenção do volume mais adequado do bulbo vamos fazer $h = 20$ cm. Vamos agora recorrer à equação que descreve a dilatação volumétrica de um material, a qual

nos diz que se a temperatura de um sólido ou de um líquido, cujo volume inicial é V_0 , aumenta de ΔT sua variação de volume é dada por

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \quad (1)$$

sendo ΔV o volume do líquido dilatado, V_0 o volume inicial do líquido, γ o coeficiente de dilatação volumétrica da substância termométrica e $\Delta T = T - T_0$ a variação de temperatura sofrida pelo líquido. Para os líquidos, a expansão volumétrica é o único parâmetro de expansão que faz algum sentido, pois o mesmo toma a forma do recipiente que o contém. Vamos obter o valor de V_0 para um ΔV correspondente a $h = 18\text{cm}$. Poderia surgir a pergunta: mas o valor de h não é 20cm ? Sabemos que sim, mas vamos deixar 2cm , 1cm acima e 1cm abaixo, pra não termos problemas de ficarmos restritos exatamente nas fronteiras do canudo, evitando derramamento de líquido durante um aquecimento ou perda da visibilidade do líquido no canudo durante um resfriamento. Se tomarmos um canudo com diâmetro de $0,3\text{cm}$, obtemos para ΔV :

$$\Delta V = A \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h \approx 1,27\text{ml} \quad (2)$$

Note que temos $r = 0,15\text{cm}$ e a conversão de unidade é dada por $1\text{cm}^3 = 1\text{ml}$. Pela eq.(1) obtemos:

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\gamma \cdot \Delta T} \quad (3)$$

Agora resta definirmos o nosso ΔT e a substância termométrica que iremos utilizar. Para uma análise preliminar vamos tomar por conveniência o álcool etílico ($92,8^\circ\text{INPM}$) como substância termométrica cujo coeficiente de dilatação volumétrica é dado por $\gamma = 1,1 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Em seguida iremos mostrar as vantagens de trabalharmos com álcool em vez de água. Vamos tomar o ΔT como sendo a diferença de temperatura entre os dois pontos fixos que utilizaremos, ou seja, o gelo fundente ($T_g \sim 0^\circ\text{C}$) e a temperatura corporal ($T_C \sim 37^\circ\text{C}$). Logo temos que $\Delta T = T_C - T_g = 37^\circ\text{C}$. Substituindo todos os valores na eq.(3) obtemos $V_0 \approx 31\text{ml}$.

Obtemos então o volume máximo do bulbo para que possamos construir uma escala termométrica que nos possibilita observar uma variação de temperatura de 0 a 37°C . Segundo nossa análise a temperatura de 0°C estará a 1cm acima da tampa do frasco e a

temperatura de 37°C estará a 1cm abaixo da extremidade superior do canudo aproximadamente. Agora surge outra pergunta: Quando eu monto o termômetro eu estarei a temperatura ambiente, então qual deve ser a altura inicial da coluna de líquido no canudo para que eu consiga ter o intervalo de temperatura de 37°C no intervalo de comprimento descrito acima? A resposta é simples. Primeiramente devemos nos lembrar que estamos fazendo uma estimativa e não um cálculo extremamente exato das posições no canudo onde estarão os pontos correspondentes a 0°C e 37°C. Isto justifica o motivo de termos descontado 2cm em h para possíveis desvios dos cálculos. Supondo que a temperatura ambiente seja de 25°C, para resfriar o sistema a 0°C temos um $\Delta T_1 = 25^\circ\text{C}$ e para aquecermos o sistema a 37°C, temos $\Delta T_2 = 37 - 25 = 12^\circ\text{C}$, de modo que $\Delta T_1 + \Delta T_2 = 37^\circ\text{C}$, que é nosso ΔT total. Se partirmos da temperatura ambiente, teremos então que resfriar o sistema em 68% do nosso ΔT total e aquecê-lo em 32% desse mesmo valor. Observe pela eq. (1) que ΔV é proporcional a ΔT . Pela eq. (2) vemos também que ΔV é proporcional a h , de modo que h torna-se diretamente proporcional a ΔT . Portanto, podemos tomar a correspondência entre a variação de h no termômetro e a temperatura T equivalente, como sendo uma função linear, ou seja,

$$T \stackrel{\sim}{=} a \cdot h \quad (4)$$

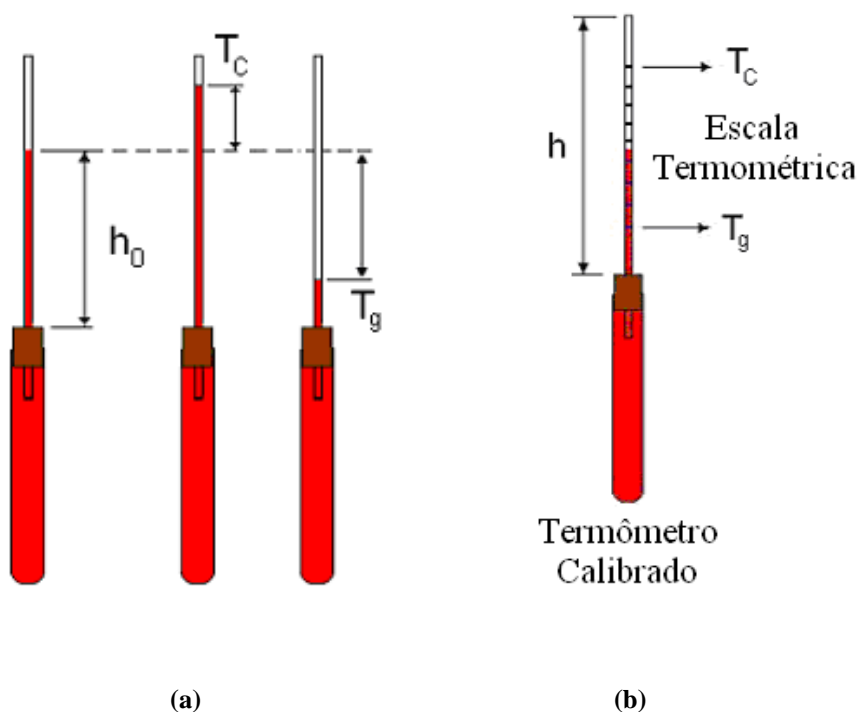
sendo a uma constante que dependerá do líquido utilizado no termômetro. Para a construção da escala podemos dividir o h total disponível na mesma proporção, já que para cada h temos uma temperatura T linearmente correspondente. Esta aproximação é a mais simples que podemos fazer e veremos que é uma aproximação razoável. Logo, considerando que estamos partindo da temperatura ambiente temos para altura inicial da coluna de líquido $h_0 = 68\% \times 18\text{cm} + 1\text{cm} \approx 13,2\text{cm}$. Somamos 1cm para medirmos h_0 a partir da tampa do frasco. Lembre-se que descontamos 1cm acima e 1cm abaixo no canudo. Este procedimento será o mesmo para a calibração do termômetro nos dois pontos fixos escolhidos.

Dos frascos apresentados na figura 2 vemos que para um termômetro feito com canudinho de 25cm de comprimento e 0,3cm de diâmetro poderíamos utilizar os frascos 1, 2 e 3. Porém o frasco 1 (tubo de ensaio²⁵) seria o mais adequado por ser de vidro, por razões já esclarecidas anteriormente. O tubo de ensaio tem a vantagem de possuir paredes bem finas e uniformes e ser um tubo estreito o que pode contribuir muito no processo de obtenção de equilíbrio térmico com maior rapidez. A figura 5.a ilustra o termômetro pronto, partindo com

²⁵ Esse tubo de ensaio é utilizado na coleta de sangue ou para armazenar agulhas utilizadas em acupuntura. Ele pode ser facilmente adquirido em postos de saúde, laboratórios de análises clínicas ou em clínicas de acupuntura.

a coluna em h_0 e as possíveis posições de T_C e T_g durante a calibração. Em 5.b ilustramos o termômetro calibrado e com a escala termométrica.

Figura 5- (a) Ilustração do termômetro mostrando a altura inicial h_0 e a posição dos pontos fixos T_C e T_g durante a calibração. (b) Termômetro calibrado e com a escala termométrica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Vamos agora analisar a substância termométrica. O álcool e a água são dois líquidos de fácil acesso para trabalharmos. Devemos nos atentar para a finalidade da substância termométrica no funcionamento do termômetro para sabermos qual destes líquidos será o melhor. Já vimos que o líquido irá subir ou descer no capilar conforme variamos a temperatura do corpo ao qual é colocado em contato com o termômetro. Portanto a substância termométrica deve dilatar o suficiente para observarmos variações de temperatura no ΔT escolhido. Esse intervalo de temperatura é de 37°C em um intervalo de comprimento de 18cm. É um intervalo de temperatura relativamente pequeno se compararmos com um termômetro de mercúrio comercial simples, o qual nos permite verificar temperaturas de até 150°C , com precisão de 1°C , em um intervalo de comprimento de 13 a 14cm. O coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio é de $\gamma_M = 1,8 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ enquanto que o do álcool já

vimos que vale $\gamma_A = 11 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, ou seja, $\gamma_A = 6,1\gamma_M$. Para o coeficiente de dilatação volumétrica da água temos alguns valores para diferentes intervalos de temperatura na tabela II.

Para as condições do nosso experimento quanto maior o valor de γ melhor, porque o diâmetro do nosso tubo capilar é grande, em torno de 2 e 4mm. Para termos noção de comparação o tubo capilar de um termômetro comercial possui algo em torno de 0,5mm de diâmetro. O tamanho do diâmetro do tubo capilar influencia na precisão do termômetro, ou seja, se o diâmetro for menor podemos observar um ΔV menor, veja eq.(2), o que implicaria em uma leitura de um ΔT também menor. Logo para aumentar a precisão do nosso termômetro basta conseguir um tubo capilar com diâmetro menor. É claro que devemos nos atentar ao comprimento disponível para a construção da escala, necessitando fazer os cálculos das eqs. (2) e (3) para as novas variáveis do termômetro para que o mesmo possa ser calibrado. Diante dos valores apresentados vemos que o álcool é realmente a melhor opção, pois tem um coeficiente de dilatação volumétrica mais de seis vezes maior que o do mercúrio, comumente utilizado para estes fins, e até sete vezes maior que os valores de $\gamma_{\text{Água}}$ para a água no intervalo de temperatura escolhido.

É interessante observarmos a grande variação de $\gamma_{\text{Água}}$, tabela II, em pequenos intervalos de temperatura. No intervalo de temperatura que trabalharemos, $\Delta T = 37^\circ\text{C}$, o valor de $\gamma_{\text{Água}}$ pode variar em mais de 50% tornando, obviamente, inviável a utilização da água como a substância termométrica. A figura 6.a mostra a variação de volume em função da temperatura para o álcool e glicerina para temperaturas acima de 25°C . Note que para as duas substâncias temos um comportamento linear, em boa aproximação. Isto mostra que a consideração na eq.(4) é válida para o álcool. O comportamento da dilatação volumétrica da glicerina em função da temperatura foi colocado para mostrar que outras substâncias podem também dilatar linearmente, em determinados intervalos de temperatura, como o álcool. Na figura 6.b temos o mesmo gráfico para a água mostrando, pelo ajuste linear, um comportamento não linear. Portanto a aproximação dada pela eq.(4) não é viável para a água. Observe no gráfico inserido na figura 6.b que para o intervalo entre 0 a 10°C a água tem um comportamento mais distante ainda do linear, caracterizado por um aumento no volume com a diminuição da temperatura, o que significa que sua densidade (inverso do volume) passa por um máximo ($\sim 4^\circ\text{C}$). É interessante notar que o mais comum dos líquidos, a água, não se comporta como os outros líquidos. Este é o chamado comportamento anômalo da água. Nesta discussão o professor poderia aproveitar para explicar porque os lagos ou os pequenos cubos

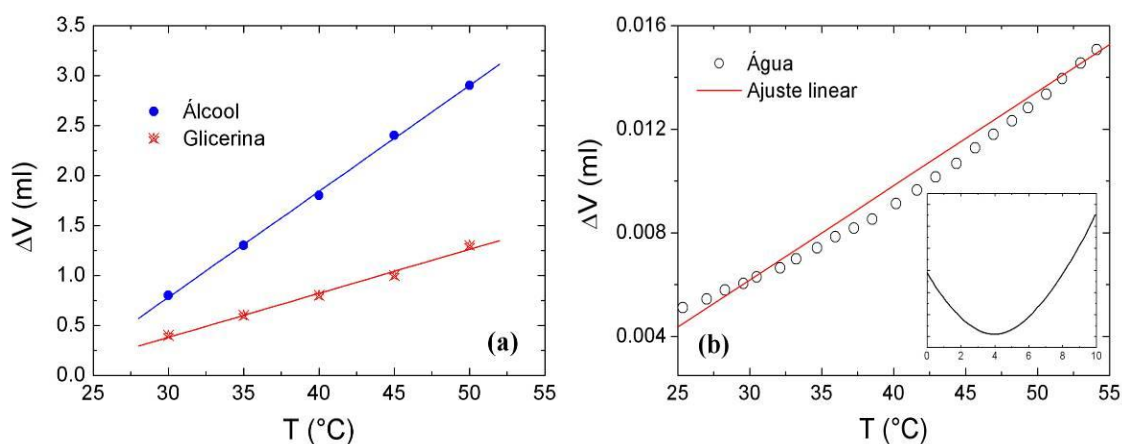
de gelo formados no congelador congelam primeiro na superfície e a importância deste fenômeno para a existência de toda a vida aquática nas regiões de invernos rigorosos. Este é mais um argumento para reforçar que a melhor opção para a substância termométrica do termômetro é o álcool.

TABELA II - Coeficientes de dilatação térmica da água para alguns intervalos de temperatura. Esses valores foram estimados a partir do ajuste linear do gráfico da figura 6.b para cada intervalo de temperatura especificado.

| Intervalo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | $\gamma_{\text{Água}} (10^{-4} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1})$ |
|---|---|
| 10 – 20 | 1,7 |
| 20 – 40 | 2,6 |
| 40 – 60 | 4,6 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6 - (a) Dilatação volumétrica do álcool e da glicerina para temperaturas acima de 25°C , mostrando um comportamento linear (NETTO, 2010). (b) Comportamento não-linear da dilatação volumétrica da água para o mesmo intervalo de temperatura. O gráfico inserido mostra a dilatação volumétrica entre 0 e 10°C .



Fonte: Adaptado de Netto, 2010 e Halliday; Resnick; Walker, 1993.

Vamos apresentar a seguir alguns resultados obtidos, variando-se alguns parâmetros do termômetro de coluna líquida que propomos construir.

4.4 Montagem do termômetro e testes

Montagem

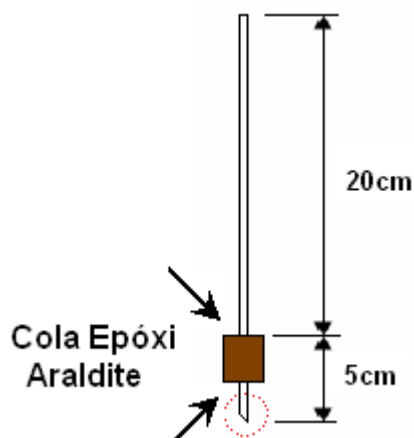
Para testar o funcionamento do termômetro primeiramente utilizamos os parâmetros descritos na seção anterior, ou seja, o tubo de ensaio (frasco 1 da figura 2) de volume $V_0 = 16\text{ml}$, um canudo de refresco com diâmetro de 0,3cm e 25cm de comprimento e álcool etílico (92,8⁰ INPM) como substância termométrica. Os pontos fixos escolhidos são: o ponto de gelo ($T_g = 0^\circ\text{C}$) e a temperatura corporal, em torno de 37°C , nos fornecendo um $\Delta T = 37^\circ\text{C}$.

Vamos nos atentar agora aos detalhes da montagem do termômetro seguindo as etapas abaixo:

1. Primeiramente precisamos furar a tampa do tubo de ensaio, a qual pode ser de borracha ou plástico, com uma broca preferencialmente com o mesmo diâmetro externo do canudo (tubo capilar).
2. Para facilitar a introdução do canudo na tampa, podemos fazer um corte diagonal à seção transversal do canudo, como mostra a figura 7. As dimensões são as mesmas descritas na seção anterior, disponibilizando 20cm acima da tampa, para a construção da escala e 5cm abaixo, figura 7.
3. Para evitar possíveis vazamentos na junção do canudo com a tampa do frasco é necessário fazer uma vedação com cola. Dê preferência para a cola epóxi (Araldite 10 minutos), pois cola branca não adere muito bem à superfície de plástico do canudo podendo comprometer o experimento. Outra vantagem da cola epóxi é a secagem rápida. Esta vedação é fundamental para o funcionamento do termômetro, pois qualquer vazamento impedirá a sustentação da coluna de líquido acima da tampa do reservatório (bulbo).
4. Finalmente preenchamos o bulbo com a substância termométrica, lembrando que é necessário adicionar corante ao álcool para torná-lo mais visível, e introduzimos o conjunto tampa-canudo para vedar o bulbo. Se a tampa do tubo de ensaio for de borracha não haverá problemas quanto à vedação do conjunto, pois a borracha é encaixada de maneira bem justa, mas se for de plástico será necessário utilizar a cola epóxi na junção da tampa com o tubo. Se for utilizado um frasco que tenha tampa com rosca, a vedação pode ser feita com teflon, utilizado para fazer encanamentos. Para confirmar se as junções descritas estão efetivamente

vedadas é só observar que a coluna líquida que sobressai a tampa do tubo, no momento em que a encaixamos, mantém-se a uma altura constante. Se isto não acontecer observaremos a precipitação do líquido em uma das duas junções sendo necessário mais cola epóxi.

Figura 7 - Esquema da montagem do canudo na tampa do tubo de ensaio (bulbo), mostrando o corte diagonal à secção transversal na extremidade inferior do canudo para facilitar a introdução na tampa do bulbo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Calibração

Para iniciarmos o processo de calibração do termômetro precisamos deixar a coluna líquida a uma altura inicial h_0 , já obtida na seção anterior sendo $h_0 = 68\% \times 18\text{cm} + 1\text{cm} \approx 13,2\text{cm}$. Lembre-se que para cada conjunto de parâmetros precisamos refazer os cálculos para obtenção de V_0 e h_0 . Se não for atingida uma altura inicial próxima de h_0 , quando colocarmos a tampa do tubo, podemos completar a coluna com uma seringa ou qualquer outro instrumento. Para o álcool este procedimento é bem simples já que este líquido não possui tanta tensão superficial como a água. A figura 8 mostra o termômetro pronto com a coluna líquida inicial em h_0 .

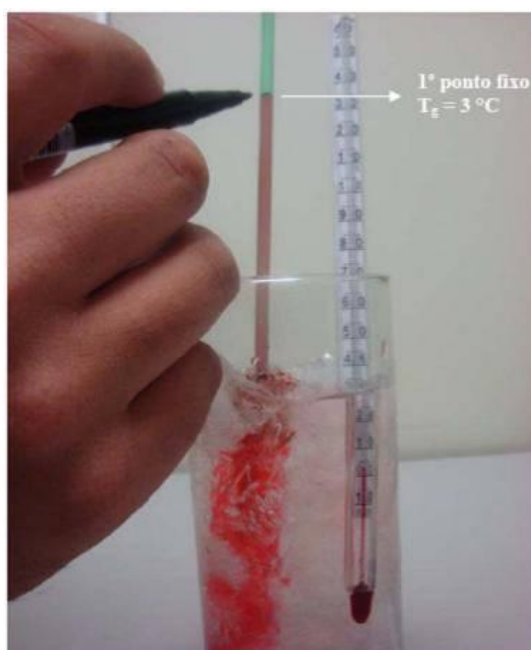
Figura 8 - Termômetro pronto com a coluna líquida (álcool) inicialmente na posição $h_0 = 13,2\text{cm}$.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Manteremos a escolha dos dois pontos fixos da seção anterior, ou seja, o ponto de gelo $T_g = 0^\circ\text{C}$ e a temperatura corporal em torno de $T_C = 37^\circ\text{C}$. Para o primeiro ponto fixo tomamos um copo com gelo picado para melhorar o contato com o termômetro. A estabilização da coluna líquida no canudo ocorreu em torno de 15 minutos. Com o equilíbrio térmico atingido fizemos uma marcação da altura da coluna líquida com uma caneta marcadora. Com um termômetro comercial aferimos a temperatura desse ponto em 3°C , veja figura 9.

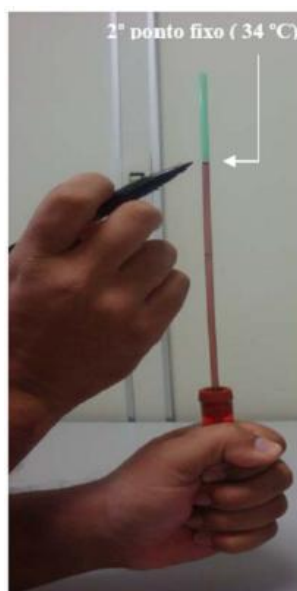
Figura 9 - Termômetro em equilíbrio térmico com gelo fundente. Obtenção do 1º ponto fixo da escala termométrica $T_g = 3^\circ\text{C}$.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a determinação do segundo ponto fixo envolvemos o termômetro com a mão. O equilíbrio térmico foi obtido em aproximadamente 15 minutos como no primeiro ponto, fato verificado pela estabilização da coluna líquida no canudo. Também foi feita uma marcação no canudo para esse ponto. Em seguida aferimos, com um termômetro comercial, a temperatura da mão da pessoa que envolveu o termômetro, nos fornecendo 34°C ²⁶. A figura 10 mostra a obtenção do 2º ponto fixo. Note a importância da aferição da temperatura dos dois pontos fixos com um termômetro comercial. Em T_g obtemos 3°C em vez de 0°C e em T_C obtemos 34°C em vez de 37°C . Estas diferenças se devem às condições em que o experimento foi realizado. Claro que poderíamos tomar os valores de 0°C e 37°C como uma aproximação dos pontos fixos sem a aferição do termômetro comercial, mas devemos estar cientes de que estamos fazendo uma aproximação com um erro de até 3°C , como verificamos. A calibração do termômetro foi realizada em uma sala climatizada em 22°C com ar condicionado. Fizemos este controle da temperatura ambiente para aferirmos com maior precisão o erro deste termômetro.

Figura 10 - Termômetro em equilíbrio térmico com a mão. Obtenção do 2º ponto fixo da escala termométrica, $T_C = 34^{\circ}\text{C}$.



Fonte: Elaborado pelos autores.

²⁶ A temperatura corporal do ser humano está entre 36 a 37°C . O valor obtido para a temperatura da mão da pessoa que envolveu o termômetro comercial foi de 34°C . Este valor menor se deve, provavelmente, ao fato do termômetro ter ficado imerso em gelo fundente por cerca de 15 minutos, imediatamente antes da pessoa segurá-lo. É interessante, mas não necessariamente obrigatório, esperar o termômetro estabilizar à temperatura ambiente antes da obtenção do 2º ponto fixo.

Obtemos que a variação de temperatura entre os dois pontos fixos foi de $\Delta T = T_C - T_g = 34 - 3 = 31^\circ\text{C}$ em um comprimento de 5,9cm. Pela eq.(4) obtemos para a constante de proporcionalidade $a \approx 5,3^\circ\text{C}/\text{cm}$, ou seja, cada centímetro do tubo capilar (canudo) corresponde a $5,3^\circ\text{C}$ de temperatura. Se subdividirmos o tubo capilar em intervalos de comprimento de 2 em 2mm, cada subdivisão corresponderia aproximadamente a $1,06^\circ\text{C}$. Claro que não podemos utilizar esta calibração em grandes intervalos de tempo, de um dia para o outro, por exemplo, pois ocorre a evaporação do álcool contido no tubo, diferentemente dos termômetros comerciais onde temos um tubo hermeticamente fechado.

Para testar a precisão do termômetro fizemos a medida da temperatura ambiente onde o experimento foi realizado, com a sala climatizada em 22°C . O comprimento do primeiro ponto fixo ao ponto marcado para a temperatura ambiente foi de $h = 3,8\text{cm}$, como mostra a figura 11. Pela eq.(4), utilizando o valor de a obtido, temos $T = 5,3^\circ\text{C}/\text{cm} \times 3,8\text{cm} = 20,14^\circ\text{C}$, ou seja, $T \approx 20,1^\circ\text{C}$, um resultado muito bom para um termômetro rudimentar. Poderia agora surgir a seguinte pergunta: Se tivéssemos considerado a dilatação do recipiente obteríamos uma temperatura exatamente igual à obtida pelo termômetro comercial? Não podemos dizer que seria exatamente igual, devido aos diferentes parâmetros dos dois termômetros, mas podemos estimar o erro na medida de temperatura do nosso termômetro pelo cálculo da dilatação volumétrica do bulbo para a variação de temperatura entre os dois pontos fixos, ou seja, $\Delta T = 31^\circ\text{C}$. Como utilizamos um frasco de vidro faremos uso do coeficiente de dilatação volumétrica deste material, o qual é dado por $\gamma_{\text{vidro}} = 0,27 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Sendo $V_0 = 16\text{ml}$, pela eq.(1) obtemos a variação de volume do frasco, $\Delta V \approx 0,013\text{ml}$. Vemos que é uma variação de apenas 0,08% no volume total do bulbo, mas devemos verificar a influência desta variação no volume líquido presente no tubo capilar (canudo), ou seja, o quanto esta variação pode modificar a altura da coluna líquida. No intervalo de temperatura descrito houve uma variação na coluna líquida correspondente a 5,9cm de comprimento do canudo, o que nos fornece $V = \pi \times (0,15)^2 \times 5,9 = 0,417\text{ml}$. Logo o erro pode ser dado por uma simples regra de três, ou seja,

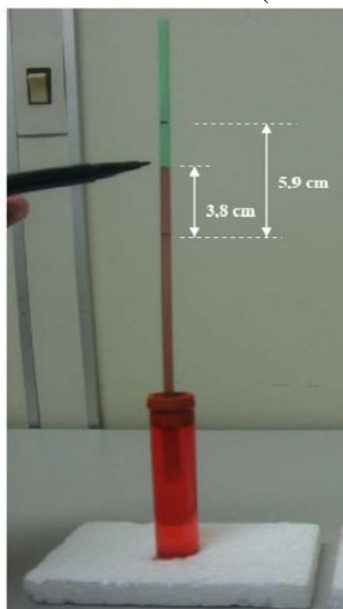
$$T_{\text{Erro}} = \frac{0,013\text{ml}}{0,417\text{ml}} \times 100 \approx 3,1 \quad (5)$$

Portanto, o erro devido à dilatação do bulbo em um intervalo de 31°C está em torno de 3%, ou seja, $\Delta T_{\text{Erro}} = 0,93^\circ\text{C} \approx 1^\circ\text{C}$. Logo a medida da temperatura ambiente pelo nosso termômetro é dada por $T = (20,1 \pm 0,6)^\circ\text{C}$, isso se levarmos em conta apenas o erro de

temperatura referente à dilatação do tubo. Se somarmos todos os erros do experimento tais como, o erro na aferição de temperatura dos dois pontos fixos e o erro dado pela medida do comprimento (régua) da variação na coluna líquida correspondente, obteríamos um erro maior, o que nos forneceria uma medida em maior acordo com o termômetro comercial. É interessante observar que se tomássemos $T_g = 0^\circ\text{C}$ e $T_C = 37^\circ\text{C}$ sem a aferição do termômetro comercial, obteríamos $T = 6,3^\circ\text{C}/\text{cm} \times 3,8\text{cm} = 23,9^\circ\text{C}$ para a temperatura ambiente, ou seja, uma temperatura superestimada já que $T = 22^\circ\text{C}$ (termômetro comercial).

Realizando o experimento novamente em condições de sala de aula, sem controle de temperatura, obtemos: $T_g = 3^\circ\text{C}$ e $T_C = 36,5^\circ\text{C}$ o que nos fornece $\Delta T = 33,5^\circ\text{C}$ em um comprimento de 5,1cm. Logo temos que $a \approx 6,6^\circ\text{C}/\text{cm}$. Durante os cinquenta minutos de realização do experimento, calibração e obtenção da temperatura ambiente, verificamos pelo termômetro comercial que a temperatura ambiente flutuou entre 27 e 29°C . O valor obtido pelo nosso termômetro foi de $T \approx 25,7^\circ\text{C}$, um bom resultado. Pela eq.(5) obtemos para este caso $T_{\text{Erro}} = 3,4\%$, logo $T = (26 \pm 1)^\circ\text{C}$. Vemos então que o termômetro construído é um excelente experimento para ser executado em sala de aula. A seguir vamos variar a substância termométrica do termômetro para verificar sua influência na obtenção da temperatura ambiente utilizando o mesmo tubo de ensaio ($V = 16\text{ml}$) e canudo ($h = 25\text{cm}$) descritos anteriormente. O intuito disso é mostrar que se queremos melhorar o termômetro a partir de testes, precisamos isolar todas as outras variáveis para testar o parâmetro que queremos otimizar, no caso a substância termométrica.

Figura 11 - Obtenção da temperatura ambiente com o termômetro construído. $T = 5,3^\circ\text{C}/\text{cm} \times 3,8\text{cm} = 20,1^\circ\text{C}$. A sala foi climatizada em 22°C (termômetro comercial).



Fonte: Elaborado pelos autores.

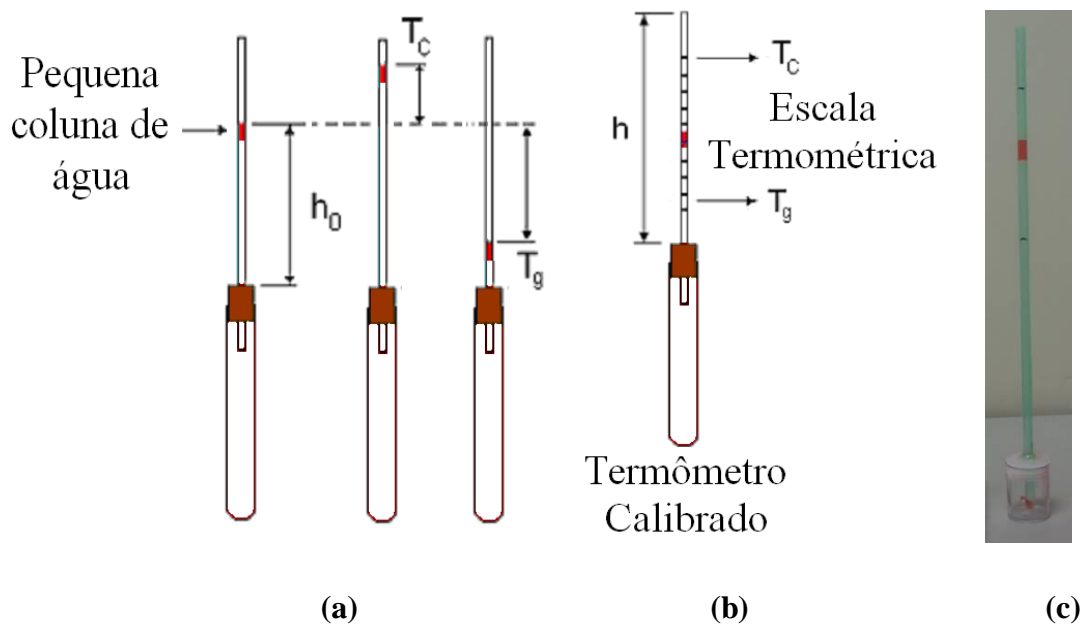
Vamos utilizar, em vez de álcool, água e ar. O caso da água é direto, basta fazermos os cálculos utilizando as eqs. (2) e (3) e calibrar o termômetro nos mesmos pontos fixos descritos anteriormente para o álcool. Para o coeficiente de dilatação térmica da água tomamos a média dos três primeiros valores apresentados na Tabela II, ou seja, $\bar{\gamma}_{H_2O} = 1,68 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, já que estes estão relacionados com o intervalo de temperatura que iremos trabalhar. Vemos então que o coeficiente de dilatação térmica do álcool é $\gamma_{Álcool} = 6,5\bar{\gamma}_{H_2O}$, nos permitindo trabalhar com um volume máximo do bulbo de até $V_0 = 204\text{ml}$ (eq.3). Portanto é possível a realização do experimento utilizando água como substância termométrica com o bulbo e o canudo nas mesmas dimensões utilizadas para o termômetro com álcool.

A temperatura ambiente medida por um termômetro comercial foi de $T = 29^\circ\text{C}$ e os pontos fixos dados por $T_g = 3^\circ\text{C}$ e $T_C = 36,5^\circ\text{C}$. A calibração em T_C se deu em aproximadamente 50 minutos enquanto que para T_g não foi possível registrar com precisão o momento em que a coluna se estabilizou, pois após 3 horas de espera ainda se observava variações na altura da coluna líquida. Portanto, para a execução em sala de aula o termômetro proposto nesta atividade, com água sendo utilizada como substância termométrica, torna-se inviável.

Utilizando agora o ar, temos $\gamma_{Ar} = 3,67 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, nos fornecendo pela eq.(3) um volume máximo do bulbo de $V_0 = 9\text{ml}$. Como o tubo de ensaio que estamos utilizando tem $V_0 = 16\text{ml}$ não foi possível construirmos uma escala no dispositivo, devido à grande dilatação do ar, $\gamma_{Ar} = 3,3\gamma_{Álcool}$. Pela figura 2 vemos que não temos nenhum frasco com $V_0 \leq 9\text{ml}$. Para a construção do termômetro de ar os mesmos cuidados devem ser tomados quanto à obtenção da altura inicial e calibração descritos para o termômetro com álcool. A figura 12 ilustra um termômetro desse tipo construído com um pequeno pote plástico de lantejola ($V = 9\text{ml}$) e um canudo com diâmetro de 4,5mm, cuja calibração foi feita para $T_g = 3^\circ\text{C}$ e $T_C = 36,5^\circ\text{C}$. O valor obtido para a temperatura ambiente foi de $T = 24^\circ\text{C}$, enquanto que a aferição com o termômetro comercial foi de $T = 29^\circ\text{C}$. Esta maior diferença em relação ao termômetro com álcool se deve, além dos possíveis erros já discutidos, ao peso da quantidade de água utilizado na coluna de ar como indicador de temperatura (em vermelho na fig. 12), o qual exerce uma força contrária à da expansão do ar no interior do termômetro. Apesar desse efeito

estar presente durante toda a calibração, não podemos afirmar que sua magnitude será a mesma nos dois pontos fixos.

Figura 12: Ilustrações de (a) termômetro de ar mostrando a altura inicial h_0 e a posição dos pontos fixos T_C e T_g durante a calibração e (b) termômetro calibrado e com a escala termométrica. É aconselhável utilizar água (em vermelho) para o indicador de temperatura, pois devido à baixa tensão superficial do álcool este se escoaria pelo canudo facilmente. (c) Termômetro de ar e água. Para o termômetro de ar construído com um pote de lantejola de $V = 9ml$.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos, primeiramente, três possibilidades de se explorar atividades experimentais (demonstração, tarefa de casa e laboratório), discutindo as vantagens e desvantagens de cada uma delas no Ensino de Ciências mesmo quando os recursos são escassos e as condições de trabalho do professor pouco adequadas. Em seguida, enfatizamos as AEI discutindo a elaboração de um guia experimental mais aberto como alternativa aos roteiros fortemente estruturados (do tipo receituário). Por fim, tratamos um exemplo de teoria auxiliada por experimentação através de um experimento: a construção de um termômetro de coluna líquida.

Procuramos mostrar, explorando uma experiência, que o trabalho experimental é muito interessante para o processo de ensino-aprendizagem de Física, uma vez que este conduz o aluno ao mundo real, onde são feitas aproximações e reveladas as limitações de determinados modelos comumente tratados de maneira ideal em livros e exercícios didáticos. Dessa forma, esperamos que esta obra possa não só incentivar professores e futuros professores de Ciências a introduzirem práticas experimentais em suas aulas como também que essas práticas sejam reorientadas para um formato investigativo que aproxime os estudantes do trabalho científico, ou seja, que possibilite a eles, além da compreensão de conceitos, o desenvolvimento de procedimentos e atitudes referentes às Ciências.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo de ensino aprendizagem em Física: “Eletricidade”. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: CEFET, 2005. p. 1 – 4. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0219-3.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2010.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176 – 193, jun. 2003.
- BARBOSA, J. O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no Ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 105 – 122, abr. 1999.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no Ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 194-223, ago. 2007.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação no ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005. 263 p.
- CARRASCOSA, J. et al. Papel de la actividad experimental em la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 157-181, ago. 2006.
- DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais no ensino de eletromagnetismo em Física Geral**. 2010. 341 p. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- FRADE, R. F.; PAIVA, A. T. **Condutividade térmica e calor específico: Química - 12º ano**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2006.
- GASPAR, A. Introdução a termodinâmica. In:_____. **Física: ondas; óptica e termodinâmica**. São Paulo: Ática, 2000. v. 2. p. 263-272.
- GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2. p. 227 – 254, ago. 2005.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER J. Temperatura. In:_____. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 4ªed. Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1993. cap. 19, p. 169 – 182.
- JOAQUIM, C. L. M. **Estudando a experimentação no ensino de ciências**. 1992. 264 p. Dissertação (Mestrado em Metodologia do Ensino) – Centro de Educação em Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1992.
- LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 23, n. 3. p. 382 - 404, dez. 2006.

LEE, J. F.; SEARS, F. W. Conceitos fundamentais. In: _____. **Termodinâmica**, São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1969, p. 1-25.

MORAES, A. M.; MORAES, L. J. A avaliação conceitual de força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 2. p. 232 – 246, jun. 2000.

NETTO, L. F. **Feira de Ciências: O Imperdível Mundo da Física Clássica**. Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_38.asp>. Acesso em: 12 de nov. de 2010.

NUSSENZWEIG, H. M. Temperatura. In: _____. **Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**. 4ª ed. São Paulo: Ed Edgard Blücher Ltda, 2002. v. 2. p. 156-164.

OLIVEIRA, C. S.; SOUZA, J. A. Professor, por que meu termômetro não funciona?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 435-467, ago. 2011.

PIRES, D. P. L.; AFONSO, J. C.; CHAVES, F. A. B. A termometria nos séculos XIX e XX. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 1. p.101-114, mar. 2006. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v28_101.pdf>. Acessado em: Acesso em: 10 mai. 2010.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da Física, em sala de aula – um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 383-401, dez. 2006.

SOUZA, J. A.; OLIVEIRA, C. S. Uma “luz” no aprendizado da ciência: inserindo a prática investigativa com uma vela. **Física na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 34 – 39, out. 2010.