

Universidade de São Paulo
Instituto de Física – Faculdade de Educação
Pós-graduação em Ensino de Ciências (Modalidade Física)

**ANÁLISE DE UMA EXPOSIÇÃO CIENTÍFICA E
PROPOSTA DE INTERVENÇÃO**

Adriano Marcus Stuchi

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências –
modalidade Física

Orientador: Norberto Cardoso Ferreira

Adriano Marcus Stuchi
Norberto Cardoso Ferreira
AS

INSTITUTO DE FÍSICA

Serviço de Biblioteca e Informação

Tombo: 3670
ex. 1

São Paulo
2002

SBI-IFUSP



305M810T3670

del. 24/03/02

530.07

S932a

M

ex. 1

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Stuchi, Adriano Marcus

Análise de uma Exposição Científica e Proposta de
Intervenção.

São Paulo 2002.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo
Instituto de Física – Departamento de Física Experimental

Orientador: Prof. Dr. Norberto Cardoso Ferreira
Área de Concentração: Ensino de Ciências

Unitermos: 1. Exposição Científica;
2. Termodinâmica; 3. Vigotski.

USP/IF/SBI-020/2002

1. Agradecimento ao Sr. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...

À

Soraia, Augusto e Adriana.

Agradecimentos:

- Aos meus pais Nelson e Syrley,
- Ao Carlão, Lígia, André, Carol e Thomás, minha família em São Paulo,
- Aos professores Alberto Gaspar e Norberto Cardoso Ferreira,
- A Paulo e Sidimar, técnicos do Laboratório de Demonstrações do IFUSP,
- A Nilze Chiriatto Moraes, diretora da Escola Estadual Dr. Paulo de Almeida Nogueira de Cosmópolis,
- Aos amigos de Guaratinguetá

ABSTRACT

The proposal of this work is to analyze and to intervene in a display of Thermodynamics of Estação Ciência of the USP. We appeal to the inquiry of the language of the monitors of the Estação Ciência in the explanation of the experiments to help in the perfecting of the display. We use and analyze some instruments of evaluation of the learning process in Museums of Science and Science Centers based on Vygotsky and statistical calculations.

The results of this research lead to the consideration of three basic aspects:

- The importance of the monitors in a display and its continuous training;
- The necessity of improvement of the display in an evaluation process that it searches better resulted of learning;
- Programmed visits of schools to the Museums of Science and Science Centers can be a factor very important to magnify the interest of the students for the displays and to become more significant the learning in these environments.

RESUMO

A proposta desse trabalho é a de analisar e intervir numa exposição de Termodinâmica da Estação Ciência. Recorremos à investigação da linguagem dos monitores da Estação Ciência na explicação dos experimentos para ajudar no aperfeiçoamento da exposição. Utilizamos e analisamos alguns instrumentos de avaliação do processo ensino aprendizagem em Museus e Centros de Ciência fundamentados em Vygotsky e em cálculos estatísticos.

Os resultados dessa pesquisa levam à consideração de três aspectos fundamentais:

-A importância dos monitores numa exposição científica e seu contínuo treinamento;

-A necessidade de aprimoramento da exposição num processo de avaliação que busque melhores resultados de aprendizagem;

-Visitas escolares programadas aos Museus e Centros de Ciência poder ser um fator muito importante para aumentar o interesse de alunos pelas exposições e para tornar mais significativa a aprendizagem nesses ambientes.

SUMÁRIO

Resumo

Capítulo 1: Dos objetivos e fundamentações do trabalho

1- Introdução.....	1
2- A Estação Ciência.....	3
2.1- Apresentação Geral.....	3
2.2- Uma breve apresentação das plataformas da Estação Ciência.....	4
2.3- A Estação Ciência na Internet.....	7
3- Considerações sobre o tema e a metodologia de de trabalho.....	8
3.1- Pesquisas em Museus e Centros de ciência.....	8
3.2- Museus e Centros de Ciência como instituições de ensino.....	10
3.3- Considerações sobre a segunda pesquisa e suas implicações.....	13

Capítulo 2: A pesquisa piloto

1- Metodologia de trabalho.....	17
2- A pesquisa.....	22
3- Transcrição e comentários sobre as explicações de um monitor aos experimentos da exposição.....	26

4- Análise das respostas do questionário.....	51
5- Conclusão.....	54

Capítulo 3: Proposta de intervenção

1- A escolha dos experimentos.....	56
2- Os experimentos.....	57
2.1- <i>Descrição e roteiro sugerido para a explicação...</i>	58
3- Fundamentos para a avaliação da exposição.....	68
3.1- <i>A teoria de Vigotski: o estudo da formação dos</i> <i>conceitos.....</i>	68
3.2- <i>Avaliação do processo ensino-aprendizagem</i> <i>numa exposição científica.....</i>	72
3.3- <i>Estratégias de avaliação.....</i>	73
4- Apresentação dos instrumentos para análise.....	73
4.1- <i>Primeira etapa: os questionários.....</i>	73
4.1.1- <i>Análise das respostas dos questionários.....</i>	97
4.1.2- <i>Conclusão.....</i>	101
4.2- <i>Entrevistas da segunda etapa de avaliação.....</i>	102
4.2.1- <i>Primeira entrevista.....</i>	102
4.2.2- <i>Segunda entrevista.....</i>	105
4.2.3- <i>Outras entrevistas.....</i>	108
4.3- <i>Terceira etapa das entrevistas: a avaliação da</i> <i>compreensão do modelo da teoria cinética dos</i> <i>gases através de sua aplicação num programa</i> <i>computacional.....</i>	111

Capítulo 4: Conclusão.....	115
Anexo.....	120
Bibliografia.....	129

Capítulo 1: Dos objetivos e fundamentações do trabalho

1- Introdução:

Em abril de 1997, logo após nosso o início no programa de pós-graduação em Ensino de Ciências, começamos um período de atividades na Estação Ciência (vide item 2 desse capítulo) como monitor e orientador. Durante alguns meses, observamos todas as exposições sob física lá apresentadas. Depois de algum tempo, escolhemos a exposição sobre termodinâmica para desenvolver a pesquisa. A localização dos experimentos no 2º piso da Estação Ciência, num ambiente mais tranquilo, e uma certa afinidade com o tema motivaram essa escolha.

Notamos o interesse das pessoas pelos experimentos. A grande maioria dos visitantes da Estação Ciência prestava atenção na explicação dos monitores e fazia muitas perguntas. Numas dessas observações, analisamos melhor o discurso dos monitores durante as explicações. Percebemos que algumas expressões como “temperatura de determinada coisa” ou “agitação molecular em determinado material” eram usadas sem que os visitantes pudessem ver um termômetro ou um experimento que demonstrasse a Teoria Cinética dos Gases. A partir dessas primeiras observações, surgiu a idéia de intervir na exposição, produzindo materiais - novos experimentos e roteiros de explicação, por exemplo - que complementassem o trabalho dos monitores.

Iniciamos então uma pesquisa piloto com a intenção de avaliar as respostas de alguns visitantes num questionário sobre termodinâmica antes e depois de assistirem à exposição, e coletar material para uma análise mais

detalhada da explicação dos monitores. Escolhemos alunos de 7^a e 8^a séries do ensino fundamental e das três séries ensino médio para participarem da pesquisa. Julgamos que seria mais fácil trabalhar com esse público devido à grande frequência com que visitavam a Estação Ciência. Os alunos primeiramente responderam um questionário (capítulo 2), depois visitaram a exposição e, na seqüência, responderam às mesmas questões. Dessa forma buscamos subsídios para fundamentar a intervenção (capítulo 3).

Nos apoiando em resultados da pesquisa piloto, organizamos uma nova exposição sobre Termodinâmica e a apresentamos. A nova exposição foi realizada numa escola pública estadual no interior do Estado de São Paulo em maio de 2000 (capítulo 3).

Os alunos que assistiram à exposição na escola estadual foram divididos em grupos para que participassem de atividades respondendo questionários e sendo entrevistados. Buscamos com isso indicações que pudessem mostrar a influência da exposição em respostas ou atitudes. O referencial teórico fundamentado na teoria de Vigotski e o acesso a outros trabalhos da área foram importantes para fundamentar cada etapa dessa pesquisa.

Os resultados desse trabalho têm implicações tanto na programação da Estação Ciência como nas escolas. Procuramos mostrar que, em relação ao que existia na Estação Ciência na época da pesquisa piloto, os monitores poderiam ser mais bem treinados e a exposição de termodinâmica aperfeiçoada em função da linguagem empregada nas explicações. Nas escolas, os professores poderiam usar exposições como complemento às aulas, melhorando a qualidade das mesmas e reforçando a aprendizagem com auxílio dos experimentos.

2- A Estação Ciência:

2.1- Apresentação geral:

O presente trabalho foi iniciado na Estação Ciência. A Estação Ciência é um centro de divulgação científica da Universidade de São Paulo, que opera em convênio com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

Os visitantes, em torno de 25.000 visitantes por mês, são formados por pessoas de todas as faixas etárias. O público escolar compreende aproximadamente 60% dos visitantes.

As exposições da Estação Ciência abrangem várias áreas do conhecimento, ocupando aproximadamente 3500 m², dividida em três espaços denominados Plataforma Informática, Plataforma Tecnologia e Plataforma Ciência.

Além das Plataformas, há locais para exposições temporárias sobre temas variados.

A Estação Ciência também oferece cursos de extensão para o público em geral e de atualização para professores, exhibições de filmes e vídeos, empréstimos de materiais para exposições e aulas, e eventos para contínua divulgação de temas científicos e culturais.

A equipe da Estação Ciência é formada por professores universitários, pesquisadores, técnicos, coordenadores de projetos, secretários, pessoal de manutenção, vigilantes e monitores.



FOTO 1 - Entrada da Estação Ciência.

2.2- Uma breve apresentação das plataformas da Estação Ciência.

A **Plataforma Ciência** é constituída de demonstrações experimentais, maquetes e jogos relacionados à temas de Geografia, Meteorologia, História, Matemática, Física, Geologia e Biologia, oferecendo um painel geral da visão científica do conhecimento humano.

Nossa pesquisa piloto foi desenvolvida nessa plataforma. No segundo piso do prédio havia uma área composta de mesas destinadas à exposição de Termodinâmica, onde os visitantes podiam acompanhar a explicação dos monitores (foto 2, de 1998). Os monitores explicam, na maioria das vezes, o conjunto de experimentos disponíveis a grupos de visitantes que se reúnem envolta das mesas. Noutras situações a curiosidade de um visitante sobre determinado experimento em particular também pode ser satisfeita pelo monitor.



FOTO 2 – Exposição sobre Termodinâmica em 1998.

A Estação Ciência mudou muito desde que finalizamos a pesquisa piloto. Atualmente, junto à entrada principal da Estação Ciência, está o Bétatron, o experimento para detecção de raios cósmicos, o planetário, a painel sobre a evolução do Universo e os experimentos interativos de eletromagnetismo. A atual exposição de termodinâmica foi bastante reduzida em relação a que pesquisamos. Ela se localiza agora abaixo do mezanino onde ficava, ao lado dos experimentos de ótica (foto 3). Interessante observar que as mudanças ocorridas na Estação Ciência, de 1998 até os dias de hoje, não foram fundamentadas em pesquisas.

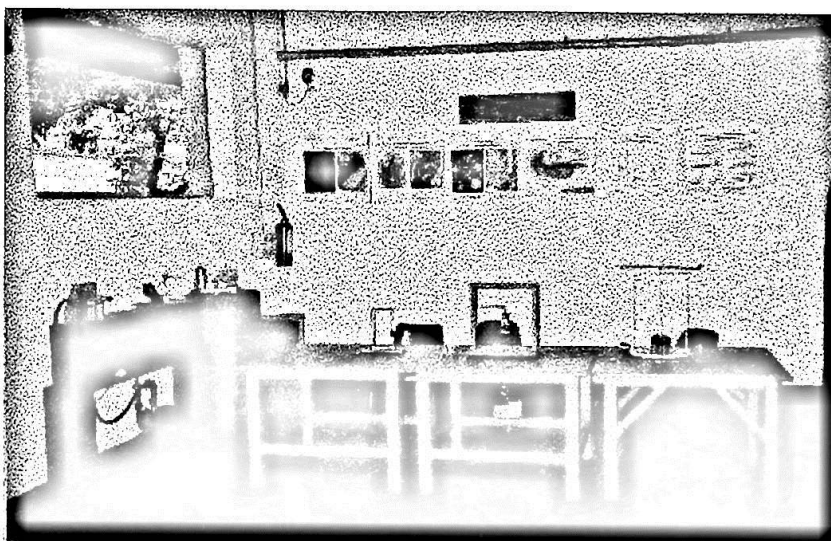


FOTO 3 - Exposição sobre termodinâmica em janeiro de 2002.

A **Plataforma Tecnologia** demonstra o papel de dispositivos desenvolvidos com a tecnologia nos processos produtivos exibindo, atualmente, as características técnicas de automóveis, atividades de prospecção, extração e refino de petróleo, e outros temas (foto 4).



FOTO 4: Plataforma Tecnologia em janeiro de 2001.

Na **Plataforma Informática** os visitantes, orientados por monitores, utilizam microcomputadores com processadores de textos, aplicativos para desenhos, programas de comunicação incluindo acesso a Internet, programas e jogos educativos (foto 5).

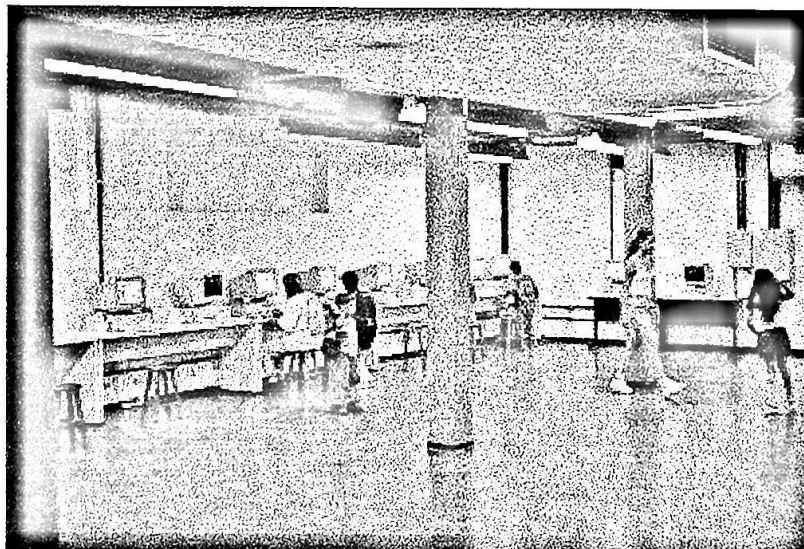


FOTO 5 – Plataforma Informática em janeiro de 2001.

2.3- A Estação Ciência na Internet.

O site da Estação Ciência na Internet contém todas as informações sobre a Estação Ciência. A história da Estação Ciência, projetos em andamento, reformas, exposições permanentes e itinerantes. Parte das informações contidas neste tópico foram pesquisadas nesse site.

Outra conteúdo é um espaço destinado a experimentos virtuais. Nesta página o visitante terá a oportunidade de acompanhar animações multimídia produzidas na Estação Ciência.

O endereço da Estação Ciência na Internet é www.eciencia.usp.br.

3- Considerações sobre o tema e a metodologia de trabalho.

3.1- Pesquisas em Museus e Centros de Ciência.

Nesta seção faremos um resumo de dois trabalhos que versam sobre o tema Museus e Centros de Ciência. Buscamos com isso as bases para a criação de uma metodologia de trabalho. Escolhemos em dois trabalhos entre tantos outros por acreditarmos que o ambiente e o objeto de estudo eram semelhantes aos nossos.

Visitas a exposições em Museus e Centros de Ciência levam à aprendizagem [Gaspar, 1993] [ASTC, 1990]. Mas como essa aprendizagem pode ser analisada? Muitos trabalhos sobre avaliação de exposições foram publicados nos últimos anos. A leitura crítica de alguns deles foi útil para o estudo de uma metodologia de trabalho voltada à análise de uma exposição científica.

No artigo de Minda Borun, Christine Massey e Tiiu Lutter [Borun, Massey e Lutter, 1993], a aprendizagem é entendida como um processo pelo qual concepções ingênuas ou espontâneas são substituídas por informações mais poderosas, capazes de explicar um número maior de fenômenos. Depois da passagem pelo ensino formal, os alunos têm dificuldade em aplicar os conceitos em situações fora da sala de aula. O ensino formal deve promover uma mudança conceitual de concepções menos elaboradas para as mais elaboradas, numa organização conceitual mais sofisticada.

A pesquisa, realizada no *The Franklin Institute of Science Museum* [Borun, Massey e Lutter, 1993], teve o objetivo de investigar se as exposições daquele museu poderiam operar uma mudança conceitual em seus visitantes. A investigação começou com entrevistas para a verificação das concepções iniciais das pessoas sobre conceitos de gravitação. Os entrevistados primeiramente assistiam as exposições do museu, e depois respondiam perguntas relativas aos experimentos e outras tais como: “O que é gravidade?”

Praticamente todas as respostas analisadas estavam erradas. Baseados nas respostas, os pesquisadores construíram experimentos para tentar corrigir o que chamaram de “concepções errôneas” sobre Gravitação. Os visitantes deveriam ler atentamente as etiquetas dos experimentos seguindo passo a passo às instruções e verificando as explicações sobre os fenômenos.

Novas entrevistas foram feitas e os resultados foram melhores que os das primeiras entrevistas, ou seja, a porcentagem de respostas erradas diminuiu. Concluiu-se então que as pessoas aprenderam melhor os fenômenos demonstrados por experimentos construídos especialmente para confrontar suas concepções errôneas sobre o assunto.

O que mais nos chamou a atenção nessa pesquisa foram os aspectos do tempo de interação e a maneira como os visitantes obtinham as informações. As pessoas observaram os experimentos por horas e liam as etiquetas para obter as explicações.

Mencionamos esses fatos porque, por experiência, sabemos que pouquíssimas pessoas lêem as etiquetas dos experimentos da Estação Ciência, principalmente as crianças. Não lendo as etiquetas os visitantes se apegam mais aos aspectos lúdicos dos experimentos sem voltar sua atenção para as explicações mais elaboradas cientificamente. Mesmo os que lêem as etiquetas

atentamente muitas vezes não compreendem seu significado. Isso reforça a importância dos monitores acompanharem os visitantes numa exposição científica, dando explicações mais detalhada e de linguagem simples. Quando os monitores não estão presentes, mesmo as pessoas mais atentas às etiquetas, não demoram mais que um minuto frente aos experimentos.

Faz-se necessário também pensar na linguagem como objeto de estudo numa exposição científica. Como nos mostra o artigo de Guaracira Gouvêa e Martha Marandino [Gouveia e Marandino, 1998] uma exposição, por mais completa e atraente que seja, abordando aspectos culturais, históricos, pedagógicos e científicos de um tema, pode não ser inteligível ao público se a linguagem com que é apresentada não for clara. A clareza da linguagem se faz pela conjugação dos aspectos visuais e dos modelos teóricos apresentados nas explicações.

Na Estação Ciência os monitores não recebem treinamento vez ou outra. O que explicam aos visitantes é o mesmo que eles ouviram de outro monitor mais experiente. Além disso, modo geral, a exposição não se ajusta à linguagem dos monitores. Na maioria dos casos não se vê num experimento, etiqueta ou painel o que foi dito pelo monitor, isto é, apela-se à imaginação em vez de observar a demonstração. Esse fato compromete a aprendizagem numa exposição de um Museu de Ciência.

3.2- Museus e Centros de Ciência como instituições de ensino.

Faremos abaixo um resumo do trabalho de Alberto Gaspar [Gaspar, 1993], para melhor compreensão do papel dos Museus e Centros de Ciência no

cenário educacional, assim como a importância da teoria de Vigotski na conceituação do processo ensino-aprendizagem nesses ambientes.

Segundo esse trabalho, Museus e Centros de Ciência podem ser entendidos como instituições de educação informal. Isso porque, ao contrário da educação formal e não-formal, “a educação informal não obedece a currículos, não oferece graus ou diplomas, não tem caráter obrigatório de qualquer natureza e não se destina apenas a estudantes, mas ao público em geral. Estas são, basicamente, as características dos museus ou centros de ciências. Portanto museus e centros de ciências são instituições de educação informal” [Gaspar, 1993].

De acordo com Gaspar, a teoria sociointeracionista de Vigotski traz instrumentos e subsídios para a compreensão e análise do processo ensino-aprendizagem que se desenvolve em museus e centros de ciência.

Na teoria sociointeracionista de Vigotski enfatizam-se as interações sociais em relação à ocorrência do processo ensino-aprendizagem e um Museu de Ciências possui essas interações como principal característica. Na Estação Ciência, particularmente, as interações sociais ocorrem continuamente. Nota-se isso quando os monitores dialogam sobre determinado experimento com os visitantes ou um professor explica um fenômeno ao seu aluno, ou o pai troca conhecimentos com o filho.

De acordo com o trabalho de Gaspar, outra condição para que haja aprendizado num Museu de Ciência, segundo a teoria de Vigotski, é que o conteúdo temático das exposições possa atingir o nível cognitivo dos visitantes. Pode-se acrescentar a esse conceito noções incorporadas à teoria de Vigotski por alguns de seus seguidores, como a definição de *situação* e *mediação semiótica*. Diferentes definições de situação em relação a uma visita podem ser

observadas pelas diferentes maneiras com que os visitantes experimentam os objetos em exposição, e interagem com o monitor durante uma explicação. A mediação semiótica está relacionada à maneira como um monitor, professor, e visitante interagem verbalmente durante a apresentação de um experimento ou discussão de um fenômeno. É a forma como o monitor, o professor, o pai de família ou um colega de escola podem fazer com que um determinado conteúdo temático de uma exposição possa ser entendido pelos visitantes do Museu. No processo de mediação semiótica a linguagem é o veículo que leva o conhecimento às pessoas. A linguagem se estrutura sobre os recursos que o monitor utiliza para uma explicação.

Uma outra indicação da teoria de Vigotski de como se dá o desenvolvimento cognitivo se refere à maneira como se desenvolvem os conceitos espontâneos ou científicos na criança. Em sua teoria, Vigotski afirma que esses conceitos se desenvolvem em sentidos opostos, dos níveis de maior complexidade para os de menor complexidade e vice-versa. “É possível, assim, admitir-se que a ampliação do universo de conceitos de uma criança, sejam espontâneos ou científicos, proporciona uma intensificação desse processo de desenvolvimento” [Gaspar, 1993].

Sobre a aquisição de concepções errôneas em visitas a museus, são irrelevantes possíveis preocupações em relação a prejuízos que uma aprendizagem dessa forma lúdica, uniforme, possa provocar, segundo o modelo de desenvolvimento cognitivo de Vigotski, em relação ao desenvolvimento de conceitos na criança, sejam espontâneos ou científicos. De acordo com Gaspar, “(...) o processo de aquisição da ciência ou dos conceitos científicos é um processo cognitivo que, certamente, não se completa numa visita a um centro de ciências, como não se completa ao final de uma aula” [Gaspar, 1993].

Isso não significa, de modo algum, que se deva ter uma posição cômoda em relação ao ensino informal de ciências, partindo-se do princípio de que qualquer atividade seja válida. “Numa interação social dirigida à zona de desenvolvimento proximal de seus participantes, por exemplo, o monitor, professor, adulto ou parceiro mais capaz tem, implicitamente, um papel de orientação ou direção - é ele que tem a consciência do objetivo da tarefa, demonstração ou conceito que está sendo trabalhado” [Gaspar, 1993]. Como a situação, ponto de partida para a interação, é criada a partir da representação que cada um faz do objeto, é importante que sua definição seja aproximadamente a mesma para todos. Dessa forma a interação se torna viável e produtiva.

Partindo das afirmações feitas nessa seção, concluímos que os monitores ou professores têm papel fundamental numa exposição científica. O discurso de um monitor ou professor e sua linguagem deve ser consonante com o material da exposição, ou seja, com o que os visitantes estão observando. A linguagem das explicações tem o componente visual dos experimentos como aliado para que a exposição seja inteligível. São esses os elementos que buscamos na intervenção da exposição de Termodinâmica da Estação Ciência e na reformulação do discurso dos monitores.

3.3- Considerações sobre a segunda pesquisa e suas implicações:

Adiantando um pouco o assunto do capítulo 3, falaremos sobre a pesquisa posterior à pesquisa piloto.

Acrescentamos outros experimentos na exposição anterior de Termodinâmica e a apresentamos numa escola da rede pública. A nova

exposição se deu conforme um roteiro elaborado previamente. A transcrição do discurso dos monitores na pesquisa piloto foi de fundamental importância para uma renovação da linguagem vinculada às respectivas explicações. Nesse recorte da exposição de Termodinâmica da Estação Ciência que realizamos na escola, o professor de física fez o papel de monitor.

Interagindo com os alunos, buscamos resultados que afirmassem, em determinados aspectos, a eficiência da mostra feita na escola. Elaboramos e aplicamos questionários e entrevistas aos estudantes de ensino médio da Escola Estadual Dr. Paulo de Almeida Nogueira, embasados no livro "Pensamento e linguagem" [Vigotski, 1987]. De posse dos resultados da análise dos questionários e entrevistas fizemos nossas considerações sobre o objeto de estudo.

Algum conhecimento adquirido pelos alunos com a exposição pode ser empregado na resolução de problemas do dia-a-dia, por exemplo, que envolvem a teoria abordada nas explicações do professor. Em respostas a questionários, uma correta explanação escrita sobre as causas e conseqüências de um fenômeno familiar (visto na exposição) ou do cotidiano, pode indicar a aprendizagem sobre alguns conceitos transmitidos pelo professor, monitor ou parceiro mais capaz. A análise das respostas está centrada na verificação da correta utilização da linguagem científica como ferramenta para a resolução de problemas práticos.

Ao aplicarmos os testes não imaginamos que uma resposta correta, por exemplo, fosse um argumento para concluirmos que a aprendizagem de um determinado conceito estivesse consolidada. Não utilizamos os questionários e entrevistas como instrumentos de avaliação da aprendizagem de conceitos, mas

como indicador de que a exposição cumpriu com seu papel de iniciar, ou reforçar, o processo de construção do conhecimento dos alunos.

Vigotski separou os conceitos das crianças em duas categorias que refletem o contexto no qual eles são formados: cotidiano (espontâneo) e científico. Essencialmente, os conceitos espontâneos são formados em experiências e interações ocorridas fora da escola, ou da sala de aula propriamente dita. Os conceitos científicos, por sua vez, são ensinados justamente nesses ambientes. Para Vigotski, os conceitos espontâneos estão centrados no fenômeno representado e não no pensamento. Eles estão embasados em aparências físicas e em características do fenômeno cotidiano.[Shepardson, 1999]

Conceitos científicos, por outro lado, são formados pelo uso funcional da palavra, ou outro signo, com um significado de enfocar a atenção, selecionando diferentes características e analisando-as, direcionando suas operações mentais e controlando seu curso, canalizando-as para a solução do problema [Vigotski, 1987]. A formação de conceitos envolve o específico uso de palavras como “ferramentas funcionais” para solucionar problemas, desenvolver produtos, ou completar tarefas. Conceitos científicos relatam fenômenos de maneira mediada, através da previsão de conceitos estabelecidos antecipadamente (científicos ou espontâneos). O conceito científico transforma o conceito espontâneo e vice-versa, mudando o sistema conceitual [Vigotski, 1987].

No aprendizado de ciências, os conceitos espontâneos têm movimento ascendente do fenômeno para a generalização, enquanto os científicos têm movimento descendente para o fenômeno [Vigotski,1987]. Para aprender ciência, os conceitos científicos precisam ser introduzidos para a criança com a observação dos fenômenos, engajados em atividades que relatam situações do

cotidiano abordando os conceitos científicos. A “análise da realidade com a ajuda dos conceitos precede a análise dos conceitos” [Vigotski,1987]. Os fenômenos são um ponto de referência onde os sistemas conceituais podem ser construídos. O significado da mesma palavra para uma criança, um adulto ou um professor geralmente se refere ao mesmo objeto concreto [Vigotski, 1987]. Palavras (conceitos), por outro lado, podem ser utilizadas como linguagem para resolver problemas.

Outro ponto a ser tratado, ao nível de esclarecimento das condições em que se deu à exposição, se refere ao local em que o trabalho foi realizado. O fato de a exposição ter se concretizado na Escola Estadual Dr. Paulo de Almeida Nogueira não altera as condições necessárias para que haja um processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos apresentados. Os requisitos básicos para que ocorra a aprendizagem de conceitos científicos, é que estes estejam ao alcance das estruturas cognitivas já consolidadas na mente dos alunos e sejam transmitidos num contexto de interações sociais [Gaspar, 2000]. Montamos a exposição numa escola pública por razões de praticidade e por acreditarmos que isso não alteraria os resultados da pesquisa.

Capítulo 2: A Pesquisa Piloto

1- Metodologia de trabalho:

Nessa etapa da pesquisa, estudamos a exposição de termodinâmica da Estação Ciência em meados de 1998. Para isso fizemos uso de um questionário validado para avaliar as concepções científicas dos visitantes sobre os conceitos de calor, temperatura e energia interna [Silveira e Moreira, 1996]. Utilizamos o trabalho de Silveira e Moreira para elaborar seis questões do nosso teste, de um total de dez. As outras quatro questões se referem à dilatação, lei dos gases e transformação de energia, conceitos não abordados no questionário de Silveira e Moreira.

O nosso questionário foi aplicado pouco antes e imediatamente depois da visita à exposição. As turmas que participaram da pesquisa foram conduzidas a uma sala onde respondiam o teste antes de ver a exposição. Depois da visita, os alunos retornavam à sala para responder ao mesmo teste.

A modificação feita no questionário de Silveira & Moreira [Silveira e Moreira, 1996], que acreditamos não ter alterado a validade das questões, consistiu na escolha de 5 das 25 questões propostas e na modificação das alternativas de resposta. Por exemplo:

A primeira questão apresentada pelos autores, referente ao conceito de calor é:

“1. Associamos a existência de calor:

- I) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor;
- II) só àqueles corpos que estão ‘quentes’;

III) a situações nas quais ocorre, necessariamente, transferência de energia.” [Silveira e Moreira, 1996]

Para cada questão, os alunos deveriam responder se :

- “A. Somente a alternativa I é correta.
- B. Somente a alternativa II é correta.
- C. Somente a alternativa III é correta.
- D. As alternativas I e II são corretas.
- E. As alternativas I e III são corretas.
- F. As alternativas II e III são corretas.
- G. Todas as alternativas são corretas.” [Silveira e Moreira, 1996]

A resposta correta para essa questão é a alternativa C

Para utilizar essa questão em nosso teste (*figura 1*), escolhemos uma das alternativas erradas (I) e a transformamos numa afirmação: Todo corpo tem calor. Pedimos aos visitantes que respondessem se essa afirmativa estava certa, errada ou se eles não sabiam a resposta. Escolhemos as outras 5 questões que completam nosso questionário de maneira semelhante :

Ao elaborar a segunda afirmação de nosso teste, utilizamos a primeira questão do teste validado:

“1. Associamos a existência de calor:

- I) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor;
- II) somente aqueles corpos que estão “quentes”;
- III) a situações nas quais ocorre, necessariamente, transferência de energia.” [Silveira e Moreira, 1996]

A alternativa correta é a III. Utilizamos a alternativa II para elaborar a 2ª afirmação do nosso teste. : “Só os corpos quentes tem calor”. Esta afirmação está errada.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Teste de Termodinâmica:

Caro estudante:

Pedimos sua colaboração no preenchimento deste teste. Com isso, você estará nos ajudando a avaliar e melhorar a exposição de Termodinâmica da Estação Ciência.

Obrigado.

ESCOLA:

SÉRIE:

DATA:

A afirmação está:.....	CERTA	ERRADA	NÃO SEI
1) Todo corpo tem calor.			
2) Só os corpos quentes tem calor.			
3) Um bloco de gelo não cede calor.			
4) Dentro de uma casa, a temperatura dos objetos de metal é sempre menor que a temperatura dos objetos de plástico.			
5) Enquanto a água está fervendo, sua temperatura não varia.			
6) O calor fornecido por uma chama não pode se transformar em energia elétrica.			
7) Uma fonte de calor pode produzir movimento.			
8) O calor fornecido por uma chama a um objeto metálico não altera suas dimensões.			
9) Se uma bexiga cheia de ar é colocada dentro de um congelador ela fica murcha.			
10) Ao colocar café "quente" numa xícara fria, só a xícara esquenta.			

FIGURA 1

A 3ª afirmação do nosso teste (“Um bloco de gelo não cede calor”), foi tirada da 3ª questão do trabalho de Silveira & Moreira:

“3. Para que se possa admitir a existência de calor deve haver:

- I) Uma diferença de temperatura;
- II) Uma diferença de massas;
- III) Uma diferença de energias;” [Silveira e Moreira, 1996]

A alternativa I está correta. Pensamos no exemplo de um bloco de gelo para usar a idéia dessa questão. Como resultado, a 3ª afirmação do nosso teste, que está errada, se refere à possibilidade de um bloco de gelo ceder calor à um ambiente.

Para elaborar a 4ª afirmação do nosso teste: “Dentro de uma casa, a temperatura dos objetos de metal é sempre menor que a temperatura dos objetos de plástico”, utilizamos a 5ª questão do teste de Silveira & Moreira:

“5. No interior de uma habitação que não tenha sido aquecida ou resfriada durante vários dias:

- I) a temperatura dos objetos de metal é inferior à dos objetos de madeira;
- II) a temperatura dos objetos de metal, dos cobertoras e dos demais objetos é a mesma;
- III) nenhum objeto apresenta temperatura.”[Silveira e Moreira, 1996]

Nesse caso, a alternativa II está correta. Fizemos a afirmação 4 do nosso teste idêntica à alternativa I do questionário de Silveira & Moreira, que está errada.

A afirmação 5 do nosso teste: “Enquanto a água está fervendo, sua temperatura não varia”, foi elaborada pela adaptação da questão 14 do questionário de Silveira e Moreira:

14. “O que muda quando uma quantidade de água que está fervendo passa, por ebulição, ao estado de vapor?

- I) Sua energia interna;
- II) O calor contido nela;
- III) Sua temperatura.” [Silveira e Moreira, 1996]

A alternativa I está correta. Transformamos a questão 14 na afirmação 5 adaptando a alternativa III. A 5ª afirmação do nosso teste está correta.

As afirmações 6, 7, 8 e 9 (*figura 1*) foram feitas para que o nosso teste abrangesse os conceitos de transformação de energia, dilatação e a lei de Gay-Lussac. Os experimentos da exposição de Termodinâmica que são explicados por esses conceitos são: o anel de s’Gravezande, a locomotiva, os termopares e a experiência para a observação da teoria cinética dos gases (*figuras 2, 5, 6 e 7 respectivamente*).

A 10ª afirmação do nosso teste: “Ao colocar café numa xícara fria, só a xícara esquenta”, foi elaborada abordar o conceito de condução de calor. A afirmação está errada, pois o café troca calor também com o ar e com a superfície onde a xícara de apóia.

Apresentamos questões que podem ser respondidas num curto intervalo de tempo. O fator tempo é importante, pois escolhemos para participarem da pesquisa alunos de escolas que agendaram previamente a visita à Estação Ciência. Nesse caso, por orientação da Estação Ciência, as escolas têm aproximadamente 2 horas para visitar o Museu, e toda a pesquisa junto aos alunos foi realizada em menos de 40 minutos.

Para analisar os resultados do teste utilizamos um método estatístico denominado *Análise de Variância* (*Anexo A*).

2- A pesquisa:

A Estação Ciência está sempre aberta às pessoas que queiram visitá-la. Para organizar melhor as visitas, devido à grande demanda de público, as escolas são orientadas a agendar antecipadamente dia e hora da visitação. As escolas, ou quaisquer outras instituições interessadas em visitar a Estação Ciência, chegam a marcar dia e hora com até 60 dias de antecedência. De posse das listagens com as escolas que iriam visitar a Estação num determinado dia, pudemos escolher quais participariam da pesquisa.

Como mencionamos no capítulo anterior, sabíamos de antemão que escolhemos aleatoriamente grupos de alunos de 7^a a 8^a série ou ensino médio. Decidimos também que o número de alunos de cada turma que participaria da pesquisa não excederia a 20. Tomando por base algumas observações, concluímos que tal número representa um limite ideal, para que todas as pessoas pudessem ver os experimentos e ouvir claramente as explicações do monitor.

Fizemos a pesquisa com grupos de 17 a 20 alunos de 7as e 8as séries, 1os e 2os anos do ensino médio, e uma turma do supletivo. Os alunos eram conduzidos a uma sala e respondiam o teste prévio (figura 1). Depois passavam pela exposição e, em seguida, respondiam ao mesmo teste.

A exposição visitada era formada pelos seguintes experimentos (figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

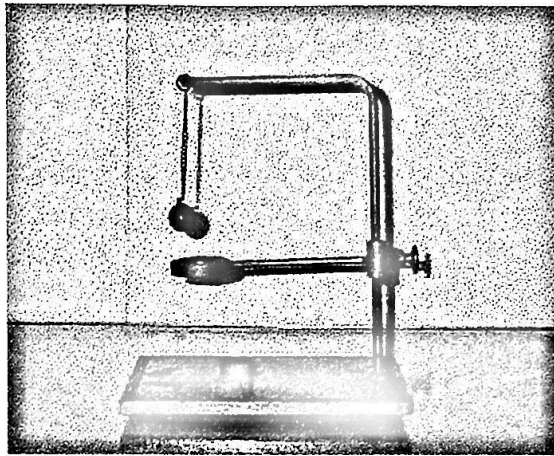


Figura 2: Anel de s'Gravezande.

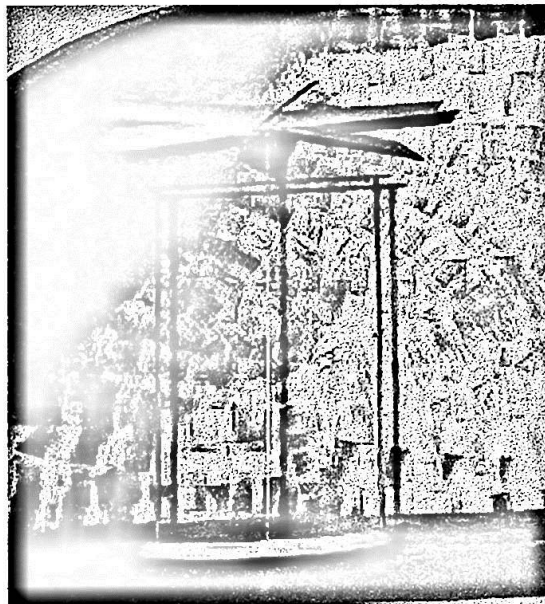


Figura 3: Ventoinha (para verificação da convecção)

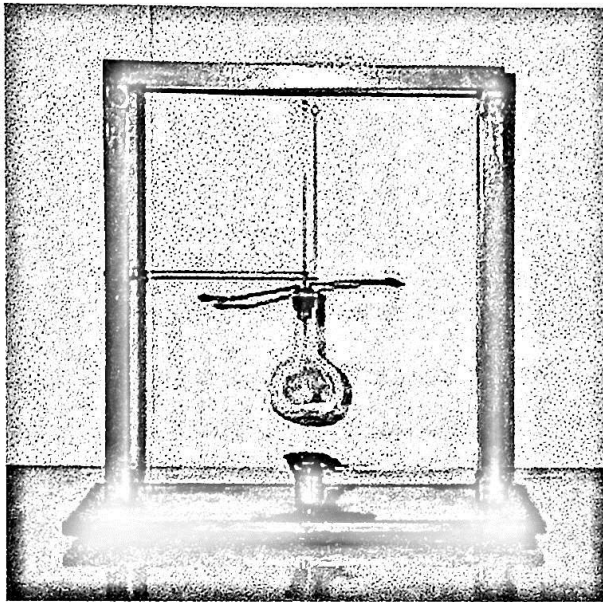


Figura 4: Eolípila de Herón.

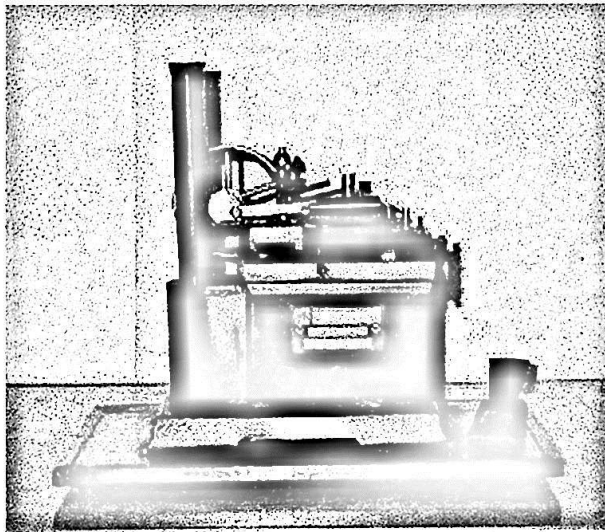


Figura 5: Protótipo de Locomotiva.

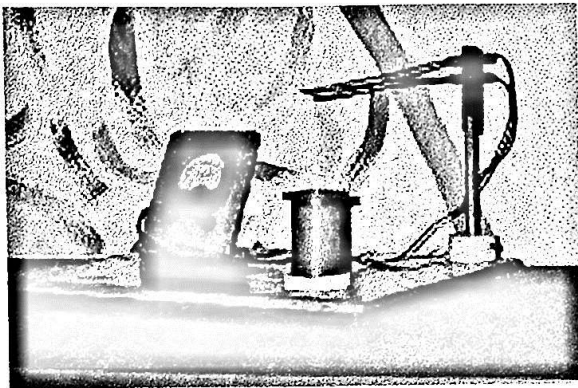


Figura 6: Termopares.

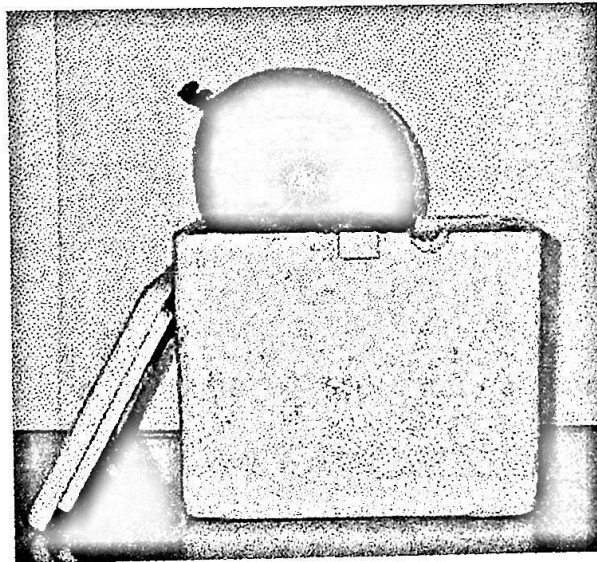


Figura 7: Experiência para a observação da teoria cinética dos gases.

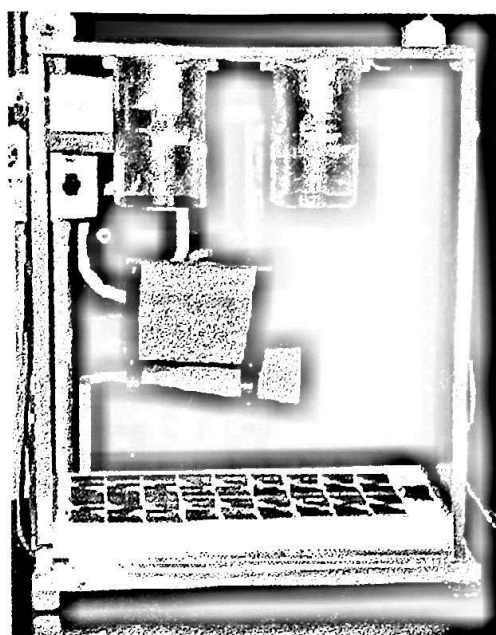


Figura 8: Células fotovoltaicas.

Os alunos foram acompanhados pelos monitores da Estação Ciência, que explicavam os experimentos sem qualquer intervenção do pesquisador.

3-Transcrição e comentários sobre as explicações dos monitores à exposição de termodinâmica.

As transcrições abaixo foram feitas por um monitor da Estação Ciência em Setembro de 1998 com alunos de 8ª série que visitaram a exposição.

Identificamos a fala do monitor por uma letra **M:**, e a fala dos alunos-visitantes foi destacada pela letra **A:**.

3.1- Explicação do monitor para o experimento do Anel de s'Gravezande (figura 2):

Antes de iniciar a explicação, o monitor acendeu a lamparina e a colocou sob a esfera de aço.

M:- Eu vou pegar e esquentar essa bolinha. Quando ela estiver quente vocês acham que ela vai passar pelo anel ou não?. Por que vocês acham que ela não vai passar?

A:- Porque ela vai aumentar.

M:- Então vamos ver. E se eu colocasse uma pessoa numa piscina com água bem quente, será que ela ficaria gordinha?

A:- Não

M:- Vamos ver se a bolinha passa pelo anel. Não, então ela aumentou. E quando eu esfrio a bolinha, o que acontece?

A:- A bolinha passa.

M:- Certo. Porque àquela hora não passou? Todas as coisas são formadas de que? De pequenas bolinhas que chamamos de átomos. Só que na hora em que eu aqueço essas pequenas partículas, elas vão ficar pulando. Ou seja, agitadas. É a mesma coisa que se eu botasse fogo no pé dela. Vocês acham que ela ficaria parada ou pulando.

A:- Pulando.

M:- Lógico que perto da lamparina as partículas também vão ficar pulando. Imaginem o seguinte: se essas partículas pequenininhas começassem a pular que nem cabrito. Se todo mundo ali dentro pular ao mesmo tempo, de uma certa forma eu não vou ficar com espaço maior lá dentro? Sim ou não? Então devido á agitação dessas partículas o que acontece com a bolinha?

A:- Aumenta.

M:- Vocês vão aprender futuramente que a palavra correta é que a bolinha está dilatando. Alguém poderia dizer um exemplo do dia-a-dia onde ocorre esse fenômeno?

A:- Pneus.

M:- O que vocês comem pela manhã? Na hora que ferve o leite o que acontece? Ele ferve e se dilata. Os líquidos em geral se dilatam. Os fios pendurados nos postes num dia quente formam aquela “barriga” porque dilatam.

M:- Dúvidas? Então vamos passar a outro experimento.

3.11- Comentários sobre a explicação do monitor:

Inicialmente gostaria de frisar que o monitor não descreve o experimento aos visitantes. Seria importante falar que o experimento é constituído basicamente de uma esfera de aço, um anel metálico e uma lamparina.

A esfera de aço passa através do anel metálico enquanto está fria (temperatura ambiente). Com o experimento pode-se verificar que a esfera não passa por dentro do anel, depois de aproximadamente um minuto em contato com a chama da lamparina. Mostra-se com isso a dilatação do metal de que constituída a esfera.

Nas primeiras frases destacadas abaixo mostramos o momento em que o monitor vai explicar a causa da dilatação da bolinha de aço:

“M:- Vamos ver se a bolinha passa pelo anel. Não, então ela aumentou. E quando eu esfrio a bolinha, o que acontece?

A:- A bolinha passa.

M:- Certo. Porque àquela hora não passou? Todas as coisas são formadas de que? De pequenas bolinhas que chamamos de átomos. Só que na hora em que eu aqueço essas pequenas partículas, elas vão ficar pulando. Ou seja, agitadas. É a mesma coisa que se eu botasse fogo no pé dela. Vocês acham que ela ficaria parada ou pulando.

A:- Pulando.

M:- Lógico que perto da lamparina as partículas também vão ficar pulando. Imaginem o seguinte: se essas partículas pequenininhas começassem a pular que nem cabrito. Se todo mundo ali dentro pular ao mesmo tempo, de uma certa forma eu não vou ficar com espaço maior lá dentro? Sim ou não? Então devido á agitação dessas partículas o que acontece com a bolinha?

A:- Aumenta.

M:- Vocês vão aprender futuramente que a palavra correta é que a bolinha está dilatando.”

Torna-se difícil a compreensão do comportamento do reticulo cristalino do aço em função do aumento da temperatura se os visitantes não podem ver como os átomos de ferro e carbono se dispõe dentro da estrutura do material. Ao menos um desenho ou uma maquete, da rede cristalina do aço é necessário para que os alunos conheçam um modelo do agrupamento geométrico do sólido. No desenho da rede cristalina os estudantes poderiam visualizar, com a ajuda do monitor, o que acontece a nível microscópico com o material devido ao aumento de sua temperatura. O modelo em questão pode servir de referência para que o aluno compreenda que a causa da dilatação da esfera como um todo, está no aumento da distância média entre os átomos da rede cristalina.

O monitor não tinha como mostrar o modelo da rede cristalina do aço aos visitantes da exposição. Por isso recorreu ao uso de uma analogia com uma

situação real para tentar fazer com que todos entendessem as causas do fenômeno observado. Analogias devem ser muito bem pensadas antes de serem usadas. Se feitas de improviso podem induzir as pessoas a pensarem um modelo teórico de forma errada. É o exemplo da analogia feita pelo monitor que aparece nas primeiras frases grifadas. A analogia induziu os visitantes a pensar que os átomos pulam feito pipocas numa panela com óleo quente. Não é isso que acontece segundo o modelo teórico cientificamente aceito. Como o monitor não tinha meios de fazer com que os sujeitos enxergassem o modelo, seria melhor que ele mostrasse o efeito da dilatação e explicasse as causas somente se fosse questionado sobre o assunto.

Por último citamos uma frase em que é dado um exemplo de aplicação do conceito de dilatação:

“(...)Alguém poderia dizer um exemplo do dia-a-dia onde ocorre esse fenômeno?

A:- Pneus.

M:- O que vocês comem pela manhã? Na hora que ferve o leite o que acontece? Ele ferve e se dilata. Os líquidos em geral se dilatam. Os fios pendurados nos postes num dia quente formam aquela “barriga” porque dilatam.”

Na fervura do leite, as bolhas chegam à superfície e não conseguem arrebentar a camada superficial, que é muito resistente (devido ao acúmulo de gorduras e proteínas). Como não conseguem transpô-la, os gases empurram a camada para cima, derramando-na em forma de espuma.

Os gases que se desprendem do leite em ebulição é que causam o fenômeno descrito pelo monitor. Tal dilatação não tem a mesma natureza dos

fenômenos estudados em metais e líquidos com o leite, pois o modelo utilizado para descrever microscopicamente a dilatação de sólidos e líquidos difere do modelo para os gases.

Concluímos portanto que o modelo usado pelo monitor para explicar dilatação falhou, pois não distingue a dilatação de sólidos e líquidos da dilatação dos gases.

3.2- Explicação do monitor para a Eolípila de Herón (figura 4):

Inicialmente o monitor acendeu a lamparina e a colocou sob o balão de fundo chato (figura 4). Inicia-se a explicação do experimento:

M:- O que acontece com o pininho da panela de pressão?

A:- Sai vapor.

M:- O que mais?

A:- Faz barulho.

M:- Como é o barulho?

A:- Tchhhhhh!

M:- Nesse experimento vai acontecer a mesma coisa.

M:- Essa é uma máquina a vapor. O nome dessa máquina é máquina de Heron. A maior parte dos experimentos de física leva o nome do filósofo inventor da época ou seja, do cientista. Ela é uma máquina a vapor e o nome específico dela é máquina de Herón. A maquina de Herón foi a primeira máquina a vapor a ser inventada.

Apontando para o balão de fundo chato o monitor disse:

M:- Dentro desse vidrinho tem água. Eu vou esquentar essa água. A água vai esquentar, esquentar e esquentar. Quando a água estiver bem quente no que ela vai se transformar?

A:- Vapor.

M:- Isso mesmo. O que vai estar aumentando lá dentro do vidro?

A:- A pressão.

M:- Por que a pressão vai estar aumentando?

A:- Porque tem mais vapor dentro do tubo.

M:- Vocês concordam que a quantidade de vapor está aumentando? Sim ou não?

A:- Sim.

M:- Se está aumentando a quantidade de vapor está aumentando também a pressão. Além da pressão o que está aumentando?

A:- A quantidade de vapor.

M:- Tudo bem, mas além da quantidade de vapor e da pressão o que está aumentando?

M:- Nesse experimento também aumenta o calor, que seria a temperatura.

M:- Se a quantidade de vapor lá dentro está aumentando e aumentando, uma hora ele vai ter que escapar por algum lugar. Se não tivesse por onde o vapor sair o que aconteceria?

A:- Isso viraria uma bomba.

M:- Exatamente, viraria uma bomba. Só que neste experimento eu tenho duas saídas de vapor. Através desses caninhos o vapor sai. Observem que em cada ponta eu tenho um pequeno orifício. O que vai acontecer?

M:- Quando o vapor entrar por esse caninho aqui, que vai por esse lado, vocês acham que ele vai girar no sentido horário ou anti-horário?

Nesse instante o monitor fez o balão de fundo chato girar num único sentido com a ajuda das mãos.

M:- Quem acha que vai girar no sentido horário levanta o braço. E no sentido anti-horário?

M:- Quem acha que vai girar no sentido horário imagine que essa peça fosse uma bexiga. Vou encher a bexiga e segurar o bico. Se eu soltar o bico o ar vai sair por um lado e a bexiga vai para o outro o lado. Analisando o experimento vemos que o vapor vai sair para frente. Então ele vai se movimentar para trás, no sentido anti-horário.

O balão de fundo chato começa a girar impulsionado pela saída de vapor.

M:- Olhem, é igual à panela de pressão.

M:- Se acabasse a água do vidrinho, o que aconteceria ao experimento?

A:- O vidro derreteria.

M:- Não chegaria a tanto, seria necessária uma temperatura muito alta para derreter o vidrinho.

A:- Pararia de rodar.

M:- Porque pararia de rodar?

A:- Porque acabaria o vapor.

M:- Exatamente. Acabando a água, ela não teria como se transformar em vapor e automaticamente diminuiria a pressão lá dentro, fazendo-o parar de rodar.

M:- Alguma dúvida?

Os visitantes responderam negativamente, e o monitor passou a outro experimento.

3.21- Comentários sobre a explicação do monitor:

A fala do monitor merece atenção no seguinte trecho:

“ **M:-** Essa é uma máquina a vapor. O nome dessa máquina é Máquina de Herón. A maior parte dos experimentos de física leva o nome do filósofo inventor da época ou seja, do cientista. Ela é uma máquina a vapor e o nome específico dela é Máquina de Herón. A Máquina de Herón foi a primeira Máquina a vapor a ser inventada.”

Após comparar o experimento com uma válvula de panela de pressão, o monitor diz que a eolípila de Herón é uma máquina a vapor. Essa definição pode ser considerada certa, mas o monitor poderia ter aproveitado a oportunidade para se referir às máquinas térmicas, distinguindo-as de outros aparelhos como fogão e forno de microondas e explicando seu funcionamento, de acordo com a transformação de energia que ocorre no processo. Certamente os visitantes da exposição não saberiam dizer se a eolípila de Herón é ou não é uma máquina térmica.

Mais abaixo destacamos um trecho do discurso do monitor:

“**M:-** Nesse experimento também aumenta o calor, que seria a temperatura.”

Nessa frase entende-se que calor e temperatura são a mesma coisa. Para quem ouve a explicação não há diferença entre os dois conceitos. O monitor tentou dizer que o vapor sai de dentro do balão de fundo chato porque a temperatura da água aumentou. Calor é a energia que passa da lamparina para a água, fazendo sua temperatura aumentar.

Ao simplificar a linguagem para o visitante compreender melhor a exposição, deve-se tomar cuidado ao se usar as palavras. Muitas palavras que são sinônimas para um aluno em sua linguagem cotidiana como, por exemplo, calor e temperatura, correspondem a conceitos científicos diferentes.

Sugerimos a simplificação da palavra “orifício” e da frase “girar no sentido horário ou anti-horário” para que a explicação se torne compreensível às pessoas que nunca ouviram esses termos.

Uma coisa importante que o monitor não disse é que a eolípila de Herón transforma a energia térmica da lamparina em energia mecânica de rotação. A palavra energia é muito usada pelas pessoas no dia-a-dia. É importante o conhecimento de novos exemplos de utilização dessa palavra, diferenciando os muitos tipos de energia da natureza.

Como última colocação destacaremos o tempo de exposição. O monitor fez muitas analogias para explicar um fenômeno simples. A imagem da experiência em funcionamento ajuda a economizar palavras, evitando confusões (ver roteiro sugerido no capítulo 3).

3.3- Explicação do monitor para a experiência da ventoinha para a verificação da convecção (figura 3):

O monitor colocou a lamparina sob a ventoinha (figura 2). A hélice começa a girar e a explicação tem início:

M:- Por que vocês acham que a ventoinha começa a girar quando eu coloco a lamparina aqui embaixo?

A:- Porque sai vapor dali – referindo-se à lamparina.

M:- Como se eu estivesse esquentando uma panela com água. A água esquentada e vira vapor. Pode ser vapor?

A:- Pode.

M:- Se tem vapor eu estou esquentando água. A água esquentada e vira vapor. Nesse caso aqui pode ser vapor?

A:- Não.

M:- Claro que não.

A:- É o calor.

M:- É por causa do calor. O que é que tem o calor? O ar quente tem algo a ver? Fiquem a vontade, podem falar o que vier à cabeça.

M:- O ar quente está fazendo a turbina girar?

Os alunos permaneceram quietos até o monitor completar:

M:- Vocês concordam que existe ar envolta da lamparina?

A:- Sim

M:- A lamparina aquece o ar envolta dela. O ar quente é mais leve e sobe. Vocês podem comprovar isso colocando a mão sobre a lamparina e sentindo o ar quente subir. Então é o ar quente que movimenta a turbina.

M:- Esse movimento do ar quente tender a subir e o ar mais frio tomar o seu lugar é o que chamamos de convecção.

M:- Por que um balão sobe?

A:- Porque dentro do balão tem ar quente.

M:- Exatamente, porque dentro do balão tem ar quente que é mais leve e faz o balão subir.

M:- E se eu colocasse muitas lamparinas embaixo da turbina, ela giraria mais rápido ou pararia? Giraria mais rápido não é?

A:- Sim.

M:- Mais alguma dúvida?

A:- Não.

3.31- Comentários sobre a explicação do monitor e a arquitetura do experimento:

O experimento da ventoinha para a verificação da convecção (figura3) apresenta alguns problemas de projeto.

A foto abaixo (figura 9) mostra a ventoinha em cima de uma mesa, no local reservado para a exposição de Termodinâmica. Era comum flagrarmos a ventoinha em movimento sem que a lamparina estivesse acesa sob a mesma. Por ser muito alta em relação à mesa e não estar protegida, a ventoinha começava a girar sozinha quando ventava muito. Outro ponto importante é que o ar quente que faz a hélice girar não tem origem apenas na troca de calor do ar com a chama da lamparina. A maior parcela desse ar é o gás que se desprende da chama devido ao processo de combustão. Na verdade a combustão do oxigênio é a grande responsável pela rotação da ventoinha, e não as correntes de convecção como o monitor se propõe a demonstrar com o experimento.

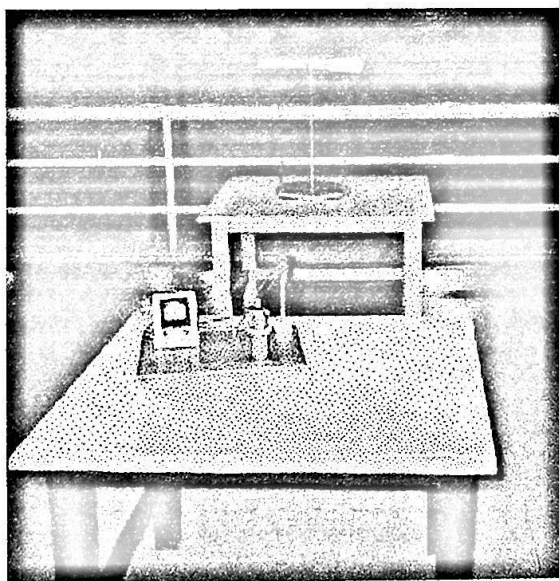


Figura 9: Ventoinha em local de exposição na Estação Ciência, atrás do experimento dos termopares, na ocasião em que o monitor explicou os experimentos.

Estas são as justificativas para retirarmos esse experimento da nova exposição apresentada no capítulo 3.

3.4- Explicação do monitor para a locomotiva (figura 5):

Após acender a lamparina e colocá-la na fornalha da locomotiva, o monitor dá início à explicação:

M:- Essa máquina aqui é igual àquela só que mais moderna, com um mecanismo diferente – disse o monitor, apontando para a eolípila de Heron.

M:- Essa aqui é a maria-fumaça. Vocês já viram pela televisão? Todos sabem o que é uma maria-fumaça?

A:- Sim

M:- Essa aqui é a miniatura dela.

M:- Vocês estão vendo essa parte comprida aqui. Essa parte comprida nós chamamos de caldeira. A caldeira é como se fosse uma panela de pressão com água. Se vocês puderem olhar nessa janelinha, verão o nível da água.

M:- Nesse experimento eu vou esquentar a água que está aqui dentro. A água vai esquentar e se transformar em vapor. O que vai estar aumentando lá dentro?

A:- A temperatura.

M:- Isso aí, a temperatura.

M:- A quantidade de vapor lá dentro vai aumentar e aumentar. O vapor vai tem que sair por algum lugar. E se ele não tivesse por onde sair?

A:- Explodiria.

M:- Exatamente.

M:- Uma das saídas que ele tem é por esse caninho.- Prosseguiu o monitor apontando para os componentes da Locomotiva. - Ele vai sair por aqui e chegar até essa peça que se chama cilindro. Quando o vapor entra no cilindro, ele empurra o pistão para trás. Isso acontece porque aqui vai estar se enchendo de vapor. Quando o pistão chegar nesse ponto máximo ele vai voltar e o vapor vai sair. Então tudo volta como estava antes, num movimento de vai e vem.

Nesse momento a locomotiva está em funcionamento.

M:- Na maria-fumaça que vocês viram saía muita fumaça pela chaminé. Nesse experimento sai só um pouco de vapor. Por que a fumaça desse experimento não é igual àquela fumaça preta da maria-fumaça?

A:- Porque a outra maria-fumaça usa carvão.

M:- Exatamente. Porque se eu queimo carvão sai fumaça. Mas meu combustível aqui é o álcool. O álcool sai fumaça?

A:- Não.

M:- Vocês já devem ter reparado que o maquinista do trem começa a apitar quando chega à estação. Qual é a função do apito nesse caso?

A:- Avisar que o trem está chegando.

M:- Certo, mas além dessa função para que mais serve o apito.

A:- Para sair mais vapor.

M:- Então, quando sai mais vapor o que acontece à maria-fumaça?

A:- Ela fica mais lenta.

M:- Certo, então o apito também é uma espécie de freio do trem. Se eu manter apertado o apito não vai sair mais vapor?

A:- Sim

M:- Então se sai mais vapor a pressão diminui?

A:- Sim

M:- Por isso o trem anda mais devagar.

M:- Está ocorrendo uma transformação de energia aqui. A energia térmica lá de dentro, que é o calor, está se transformando em energia mecânica de movimento de rotação. É igual à outra máquina – referindo-se à eolípila de Heron – só que mais moderna.

M:- Alguma dúvida?

A:- Não.

M:- Vamos passar a outro experimento.

3.41- Comentários sobre a explicação do monitor:

No início da explicação o monitor relaciona a locomotiva com a eolípila de Heron, ressaltando que a locomotiva é mais moderna que a eolípila. Assim como na explicação sobre a eolípila, não se falou sobre as Máquinas Térmicas e como se pode diferenciá-las de outras máquinas. Essa é uma confusão feita pela maioria dos alunos. Associa-se a palavra Máquina Térmica com qualquer equipamento ou utensílio doméstico que produza calor ou trabalhe em altas temperaturas. Se fosse assim, além da Eolípila de Herón, o fogão, o ferro de passar roupas, o forno de microondas e a panela de pressão seriam máquinas térmicas. Mas a concepção científica da palavra tem outro significado. máquinas térmicas transformam um tipo de energia em outro tipo por meio de variações cíclicas de pressão, volume e temperatura de um gás. Os motores a combustão, geladeiras e as locomotivas são exemplos de Máquinas Térmicas.

No seguinte trecho do discurso do monitor: “M:- Essa máquina aqui é igual àquela só que mais moderna, com um mecanismo diferente – disse o monitor, apontando para a eolípila de Heron. “, o aspecto da “modernidade”

citado se deve ao desenvolvimento científico pelo qual a humanidade passou nos aproximados 2000 anos de história que separam a eolípila de Heron da locomotiva. Tudo isso não foi citado pelo monitor em sua comparação entre as duas máquinas, subtraindo um importante conteúdo de sua explicação.

Na explicação sobre os componentes da locomotiva, faltou falar sobre a válvula que tem o papel de abrir e fechar saída de vapor para o cilindro. Foi explicada a função do pistão, mas os visitantes não puderam vê-lo em lugar algum. Muitos alunos não sabem o que é um pistão, e a simples menção verbal de suas funções pode prejudicar a compreensão.

No final dessa explicação foi corretamente resgatada a transformação de energia que proporciona a locomotiva.

3.5- Explicação do monitor para os termopares (figura 6):

M:- Essa experiência se chama termopares. Aqui eu tenho duas barras metálicas de metais diferentes. Eu não sei que tipo de metal é, mas pode ser ouro e prata, cobre e bronze. Não interessa o tipo de metal, desde que sejam diferentes.

M:- Será que todos os metais aquecem da mesma maneira, ou será que um metal aquece mais rápido que o outro?

A:- Não entendi.

M:- Por exemplo, se eu tiver que botar fogo no cabelo dele, ou se botar fogo no sapato dele. Qual vai pegar fogo primeiro?

A:- O cabelo.

M:- Para cada tipo de material, vocês concordam que uma aquece mais rápido que o outro? Para os dois metais desse experimento, quando eu colocar a

lâmpada vocês concordam que um metal vai aquecer mais rápido que o outro?
Sim ou não?

A:- Sim.

M:- Então são dois metais diferentes, e um vai aquecer mais rápido que o outro. Dessa diferença de temperatura, pelo fato de um aquecer mais rápido que o outro, eu consigo gerar uma corrente elétrica.

Apontando para o amperímetro o monitor continua.

M:- No momento esse ponteiro está no zero. Agora eu vou acender a lâmpada. Observem o ponteiro se mexer.

M:- Resumindo então, através da diferença de temperatura é possível gerar uma corrente elétrica.

M:- Vamos agora tentar entender o que está ocorrendo aqui dentro para que seja possível criar essa corrente elétrica.

O monitor continua a explicação mostrando as hastes metálicas do experimento.

M:- Vamos imaginar que aqui está a barra do metal que esquenta mais rápido e aqui a barra do metal que esquenta mais devagar. Na barra que esquenta com mais facilidade, as cargas elétricas vão se movimentar mais rápido ou mais devagar?

M:- Rápido. Na barra que demora mais para esquentar as cargas elétricas vão se movimentar mais devagar.

M:- Só que nessa junção entre as duas barras as cargas não vão ter que se equilibrar? Essa tentativa de se equilibrar nós chamamos de diferença de potencial. Alguém sabe o que é diferença de potencial?

A:- Não.

M:- Imaginem que eu tenho uma caixa d'água no alto e uma caixa de esgoto lá embaixo. Eu pego uma mangueira e ligo as duas caixas. O que vai acontecer com a água?

A:- A água vai passar de uma caixa para outra?

M:- Exatamente, ela vai passar da caixa que está cheia para a caixa que está vazia. Essa tentativa de equilíbrio que chamamos de diferença de potencial. As cargas também vão tentar se equilibrar no aparelho, por isso que aparece uma corrente elétrica.

M:- Outra função desse aparelho. Se eu quisesse medir a temperatura de um corpo o termômetro de mercúrio estouraria. Eu poderia usar as hastes metálicas como termômetro através da variação desse ponteiro.

M:- Duvidas?

A:- Não.

3.5- Comentários sobre a explicação do monitor:

No início da explicação o monitor se enganou ao dizer que pode ser qualquer combinação de metais para formar um termopar. Apenas alguns pares de metais funcionam como termopares. O monitor desconhecia essas informações sobre o experimento. Os metais que compunham o experimento eram cobre e ferro.

Noutra observação mais abaixo, o monitor compara a capacidade de absorção de calor dos metais com a combustão de duas coisas completamente diferentes. Os cabelos e os sapatos de uma pessoa podem absorvem calor sem pegar fogo.

Contudo a analogia entre metais, cabelos e sapatos foi inútil. A termoeletricidade, fenômeno físico em questão, depende da variação da densidade de elétrons livres nos metais em função da temperatura. Tal variação da densidade de elétrons, mais conhecida como efeito Seebeck, em homenagem ao descobridor dos termopares, não tem relação conhecida com o calor específico dos metais.

Na seguinte frase: “ **M:-** Só que nessa junção entre as duas barras as cargas não vão ter que se equilibrar? Essa tentativa de se equilibrar nós chamamos de diferença de potencial. Alguém sabe o que é diferença de potencial? “, o monitor fala que as barras vão ter que equilibrar. Mas equilibrar-se em relação a que? Nesse exemplo de situação mal definida a linguagem trás múltiplo sentido à frase, podendo confundir ou nada esclarecer aos visitantes.

No final da frase anterior, fala-se na grandeza diferença de potencial. Mais adiante o monitor faz uma analogia com uma situação real para explicar essa grandeza:

“ **M:-** Imaginem que eu tenho uma caixa d’água no alto e uma caixa de esgoto lá embaixo. Eu pego uma mangueira e ligo as duas caixas. O que vai acontecer com a água?

A:- A água vai passar de uma caixa para outra?

M:- Exatamente, ela vai passar da caixa que está cheia para a caixa que está vazia. Essa tentativa de equilíbrio que chamamos de diferença de potencial. As cargas também vão tentar se equilibrar no aparelho, por isso que aparece uma corrente elétrica. ”

A analogia entre corrente elétrica num condutor e a água dentro da mangueira é inadequada, pois o modelo utilizado para definir corrente elétrica não é exatamente igual à água fluindo dentro de uma mangueira. Nessa

explicação o monitor desconsidera, por exemplo, a resistência elétrica do meio condutor em comparação com a resistência encontrada pela água dentro da mangueira. Outra coisa que se faz no exemplo é uma relação errada entre o potencial gravitacional entre as caixas d'água e o potencial elétrico entre os condutores dos termopares. Não se trata de uma "tentativa de equilíbrio" por parte da água ou das cargas elétricas, mas sim que ambas estão sob tipo de transformação de energia: potencial em cinética, de naturezas diferentes: gravitacional e elétrica.

O monitor lembrou bem da utilização dos termopares como termômetros. Só não explicou em que situações esses termômetros podem ser utilizados.

Para explicar esse experimento, o monitor poderia limitar-se a descrever os componentes e os efeitos físicos sem se preocupar com os "porquês". A teoria utilizada numa explicação detalhada é de difícil compreensão para a grande maioria dos visitantes. Bastaria uma explicação do fenômeno físico em questão com uma linguagem mais simples, citando a transformação de calor em eletricidade e suas aplicações, sem analogias desnecessárias que só confundem as pessoas. Todavia o monitor deve sempre estar bem preparado para explicá-lo em detalhes se houver necessidade.

Ao realizar nossa segunda pesquisa (capítulo 3), não incluímos esse experimento na avaliação porque julgamos a teoria envolvida em sua explicação de difícil compreensão ao nosso público-alvo.

3.6- Explicação do monitor para o experimento da bexiga (figura 7):

Os visitantes se aproximaram da mesa onde estava uma caixa de isopor e uma bexiga cheia de ar. O monitor entornou nitrogênio líquido de um recipiente para dentro da caixa. Em seguida começou a explicação:

M:- Vocês se lembram do experimento da bolinha? – disse o monitor, referindo-se ao experimento do anel de s'Gravezande. – Se eu esfriasse aquela bolinha, o que deveria acontecer? Ela continuaria da mesma maneira ou ela sairia do anel?

A:- Ela iria se contrair

M:- Exatamente.

M:- Eu vou pegar essa bexiga e colocar dentro dessa caixa que tem nitrogênio líquido. Vocês sabem o que é nitrogênio líquido? Quem sabe a temperatura do nitrogênio líquido? Quantos graus tem esse nitrogênio?

M:- Na temperatura ambiente o nitrogênio possui de 16 a 26°C. A temperatura do nitrogênio líquido é de 186 graus Celsius negativos, ou seja, abaixo de zero. Ele é muito frio. Tanto é que se nós despejarmos o nitrogênio nessa água que está aqui ele vai congelar a água.

M:- Vamos ver se realmente essa bexiga vai encolher

O monitor coloca a bexiga dentro da caixa de isopor. Enquanto ele não tira a bexiga os alunos perguntam:

A:- Essa fumaça é gelo seco?

M:- Não é gelo seco. Gelo seco é feito de gás carbônico, o nitrogênio é outro material.

M:- Tirei. Agora eu vou esquentar essa bexiga.

No instante em que o monitor fala essa frase a bexiga é retirada da caixa.

M:- Não sei se vocês sabem, mas em torno de 70% do ar que vocês respiram é feito de nitrogênio, ou seja, na temperatura ambiente o estado dele é gasoso e em baixa temperatura o estado dele é líquido. A água, ao contrario do nitrogênio, em baixas temperaturas é sólida.

M:- Se eu esquentar essa bexiga, o que vai acontecer com a bexiga?

A:- Ela vai dilatar.

M:- Certo, mas o que deve estar ocorrendo lá dentro com as partículas. Lá dentro tem gás. O movimento lá dentro seria maior ou menor?

A:- Maior.

M:- Se o movimento lá dentro é maior o que acontece com o ar? É a mesma coisa na sala de aula. Se vocês estiverem bem comportados precisam de uma sala menor. E se vocês estiverem mais agitados?

A:- A sala é maior.

M:- Exatamente. E o que acontece dentro dessa bexiga quando ela está junto com o nitrogênio líquido? As partículas que estão lá dentro tendem a se movimentar mais, com uma velocidade maior, ou com uma velocidade menor?

A:- Menor.

M:- Menor, ou seja, eu não vou ficar com um espaço menor lá dentro? O que vai acontecer com a bexiga?

A:- Ela vai diminuir.

M:- Certo. Acabamos esse experimento por aqui. Duvidas?

A:- Não.

3.61- Comentários sobre a explicação do monitor:

Na frase em destacada abaixo, o monitor passa uma informação errada e desnecessária aos visitantes:

“**M:-** Não sei se vocês sabem, mas em torno de 70% do ar que vocês respiram é feito de nitrogênio, ou seja, na temperatura ambiente o estado dele é gasoso e em baixa temperatura o estado dele é líquido. A água, ao contrário do nitrogênio, em baixas temperaturas é sólida. “

As palavras acima são mencionadas no momento em que o monitor retira a bexiga da caixa de isopor. Ele deveria se preocupar em explicar o que aconteceu com o ar dentro da bexiga, e não em passar uma informação que em nada ajuda na compreensão do fenômeno.

Mais adiante, o monitor faz uma analogia para tentar explicar o comportamento do ar em função da temperatura, como segue no parágrafo abaixo:

“ **M:-** Se o movimento lá dentro é maior o que acontece com o ar? É a mesma coisa na sala de aula. Se vocês estiverem bem comportados precisam de uma sala menor. E se vocês estiverem mais agitados?

A:- A sala é maior.

M:- Exatamente. E o que acontece dentro dessa bexiga quando ela está junto com o nitrogênio líquido? As partículas que estão lá dentro tendem a se movimentar mais, com uma velocidade maior, ou com uma velocidade menor?

A:- Menor.

M:- Menor, ou seja, eu não vou ficar com um espaço menor lá dentro? O que vai acontecer com a bexiga?

A:- Ela vai diminuir. “

A analogia é mal feita, apesar dos visitantes responderem corretamente as perguntas do monitor. Alunos dentro de uma sala de aula não se comportam da

mesma forma que um gás dentro de um recipiente fechado, de acordo com o modelo que descreve o comportamento dos gases. Além disso, não se pode comparar as paredes de uma sala de aula com o material de que é feita a bexiga. Queremos dizer com isso que o monitor pode ter passado uma idéia errada da lei dos gases perfeitos. Seguindo esse raciocínio, é que resolvemos acrescentar na exposição um experimento que representasse tal modelo de forma mais precisa (capítulo 3). Apenas apelando para a imaginação dos estudantes, o monitor não consegue suprir a necessidade de um experimento que torne visível o modelo do comportamento das moléculas de ar.

Na tentativa de explicar o modelo cinético dos gases o monitor usou de uma linguagem pobre em termos técnicos. Não se falou da variação da pressão e do volume do ar em função da temperatura. Experimentos como esse servem de referencial aos visitantes no aprimoramento e compreensão da linguagem envolvida.

3.7- Explicação do monitor para a célula solar (figura 8):

As lâmpadas incandescentes da célula solar são ligadas e começa a explicação:

M:- Nesse experimento as únicas coisas que estão ligadas na tomada são essas lâmpadas aqui. Acendendo essas lâmpadas eu vou conseguir gerar uma corrente elétrica que vai fazer esse ponteiro mexer e o motorzinho ligar. Reparem.

M:- Mas de onde vem essa corrente elétrica se essas partes não estão ligadas na tomada? Será que a lâmpada sozinha, ou seja, a luz sozinha consegue produzir essa corrente elétrica? Sim ou não?

A:- Não.

M:- O que eu preciso?

A:- Desse aparelho aí.

M:- Isso mesmo. Eu preciso de alguma coisa para captar essa energia e transformar em energia elétrica. Nesse caso seria o que?

A:- São esses negócios aí.

M:- Exatamente. Seriam essas células que estão aqui. Nós chamamos de placas sensíveis. As Células solares são feitas por materiais semicondutores que podem ser o Germânio e o Silício.

M:- O que está acontecendo aqui é o seguinte: Das lâmpadas saem partículas bem pequenas chamadas fótons. Os fótons batem nas células sensíveis. Quando os fótons saem daqui e batem nas células sensíveis é possível gerar uma corrente elétrica. Observem o que acontece se eu tampar a saída de luz, a corrente elétrica diminui. Enxergaram?

A:- Sim.

M:- Vocês conhecem as calculadoras solares?

A:- Sim.

M:- O funcionamento dela é praticamente o mesmo. Ela capta energia do Sol ou de outra luz qualquer e a transforma em energia elétrica.

M:- Dúvidas?

A:- Não.

3.71- Comentários sobre a explicação do monitor:

A célula solar foi um dos experimentos excluídos da segunda avaliação. Consideramos a teoria para sua explicação de difícil assimilação para a maioria dos frequentadores de um museu de ciências. Contudo não deixa de ser importante que os visitantes a conheçam. Para a célula solar é mais adequada uma explicação que não entre em detalhes teóricos, mas que fale sobre as principais aplicações do equipamento e dê informações sobre o material utilizado em sua construção.

O monitor descreveu a célula solar, citando a matéria-prima de semicondutores e a transformação de energia que ela é capaz de realizar. Sentimos a falta de comentários sobre a importância de fontes de energia elétrica do tipo das células solares para um país como o Brasil. Lugares longínquos e abundantes em energia solar, tão comuns em nosso país, podem se beneficiar muito dessa fonte de energia alternativa. Outro ponto a favor das células solares é que elas produzem energia limpa, sem poluir ou devastar o meio ambiente.

4- Análise das respostas ao questionário:

O aumento na média de respostas corretas do segundo para o primeiro teste foi de 1,044, de um total de 5,706 respostas corretas no primeiro teste para 6,750 no segundo teste. Tal número, apesar de ser pequeno se considerarmos o total de respostas corretas que um aluno poderia dar (10), é um indicativo de que a passagem pela exposição trouxe algum conhecimento aos ouvintes. Mas gostaríamos de saber também se a escolaridade influenciou

nos resultados, ou se tal número de acertos não poderia ser atribuído ao acaso. Utilizamos a análise estatística dos dados da pesquisa (anexo A), como ferramenta para ajudar a explicar melhor os resultados obtidos.

O cálculo da significância estatística mostrou que a relação entre o aumento do número de acertos no segundo teste e a passagem pela exposição não pode ser atribuída ao acaso. Outros cálculos (*anexo A*) mostram que a visita à exposição explica 15% da variância do número total de acertos. Concluimos então que a exposição ajudou, de maneira geral, a melhorar a compreensão sobre Termodinâmica dos visitantes que participaram da pesquisa.

A probabilidade de que a relação entre o fator escolaridade e o aumento do número de respostas corretas, dadas no segundo teste, possa ser atribuída ao acaso é de 5,8%. Como é usual eleger 5% como nível crítico de significância, pode-se concluir que a escolaridade dos alunos que visitaram a exposição não influenciou no número de respostas corretas. A escolaridade é responsável por 6,9% da variância do número total de acertos no segundo teste.

Os outros fatores que poderiam explicar o aumento de acertos no segundo teste estão ligados às habilidades ou características individuais dos alunos. Tal análise está fora dos objetivos desta pesquisa, que está ligado à avaliação dos grupos de alunos.

Em último plano está a análise da consistência interna do questionário. A estimativa do coeficiente de fidedignidade, ou coeficiente alfa [Cronbach, 1951], se faz necessária como avaliação da confiabilidade do questionário. Os valores desse coeficiente, que podem variar do mínimo valor 0 ao máximo valor 1, são calculados em função do número total de respostas corretas. Quanto maior o valor do coeficiente mais confiável é o questionário. Valores

menores que 0.5 demonstram que as questões foram mal elaboradas e podem comprometer os resultados da pesquisa.

Os coeficientes alfa do questionário estão dispostos na tabela abaixo. Foram calculados os coeficientes para cada turma que participou do teste. Esses números serão interpretados como indicadores da eficiência do questionário em avaliar conhecimentos de Termodinâmica. É uma forma de validar o teste para seus propósitos.

TURMA	COEFICIENTE ALFA
7ª série do ensino fundamental	0,20
8ª série do ensino fundamental	0,46
1ª série do ensino médio	1,00
2ª série do ensino médio	0,72
Supletivo ensino médio	0,79

Os valores do coeficiente alfa para as séries do ensino fundamental indicam que o questionário não é confiável na medida dos conceitos de Termodinâmica. O mesmo não acontece para as séries do ensino médio. Os superiores a 0.50 validam o questionário em sua consistência interna.

O valor do coeficiente da 1ª série do ensino médio merece uma justificativa por apresentar o valor máximo. Esse resultado é pouco freqüente e só aparece em situações especiais. Nesse caso particular havia apenas 6 alunos dessa série, número considerado pequeno para um processo de validação. O coeficiente apresentou o valor máximo porque a discrepância dos acertos dos alunos em relação a media foi muito pequena. Um teste, antes de ser validado, deve sempre ser aplicado a um grande número pessoas, para que situações como essa tenham pouca chance de acontecer e não comprometam a confiabilidade dos resultados.

Para reintegrar a confiabilidade do resultado da validação, refizemos os cálculos do coeficiente alfa. Apresentamos abaixo dois valores para o coeficiente, um para o ensino fundamental e outro para o ensino médio.

Refeitos os cálculos percebemos que os coeficientes acusam uma inconsistência do questionário.

TURMA	COEFICIENTE ALFA
Ensino fundamental	0,10
Ensino médio	0,23

5- Conclusão:

Sendo o questionário fundamental para essa primeira abordagem aos alunos, concluímos então que houve falha na avaliação da exposição de Termodinâmica. Fica prejudicada a confiabilidade dos resultados que obtivemos até então, fazendo-se necessária outra investigação.

Uma das finalidades de uma nova pesquisa é a de propor instrumentos de avaliação mais eficientes que os usados na abordagem apresentada acima.

Outro ponto seria a reformulação da exposição apresentada. Na transcrição das explicações do monitor apontamos algumas falhas que pretendemos corrigir. A reformulação deve abranger os experimentos e a linguagem utilizada na explicação.

Importante frisar que os monitores não recebem treinamento adequado ao ingressarem na Estação Ciência. As informações são passadas informalmente dos monitores mais velhos para os mais novos. Os resultados negativos dessa

pesquisa se devem em parte à organização da Estação Ciência enquanto Museu.

Dedicamos o 3º capítulo a esse trabalho, começando pela reformulação da exposição.

Capítulo 3: Proposta de intervenção.

1- A escolha dos experimentos:

A primeira pesquisa mostrou que a exposição ajuda os visitantes a entender alguns fenômenos em termodinâmica. Mesmo sem recorrer ao questionário, a observação de um dia de visitação é o bastante para se concluir tal fato [ASTC, 1990].

Analisando o discurso do monitor transcrito no capítulo 2, notamos que alguns modelos usados nas explicações se tornaram muito abstratos. Concluimos que a inclusão de experimentos, ilustrações na forma de painéis ou instrumentos de medição, tal como um termômetro, tornaria os modelos mais concretos e significativos para quem assistisse a exposição. A partir dessas observações, surgiu a idéia de intervir no material dos experimentos expostos.

Nessa etapa da pesquisa, os experimentos da célula solar e dos termopares (*figuras 6 e 8 respectivamente*) serão excluídos. Outro experimento da exposição original que foi excluído é a Ventoinha para a verificação da convecção (*figura 2*). Os demais experimentos da primeira pesquisa serão preservados (*figuras 3, 4, 5 e 7*). A nova exposição foi formada pelos cinco experimentos preservados da primeira etapa da pesquisa e mais dois experimentos inéditos.

A segunda etapa da pesquisa foi realizada na E.E. Dr. Paulo de Almeida Nogueira, localizada em Cosmópolis S.P. Entre os dias 20 e 24 de Março de 2000, mais de 900 alunos do ensino médio visitaram o laboratório da escola. Divididos em turmas de 20, os alunos permaneciam sentados enquanto ouviam

a explicação sobre os experimentos. Após a explicação, um tempo era reservado para os alunos fazerem perguntas e manipular os experimentos.

Iniciaremos agora a apresentação da nova exposição, seguida dos roteiros que utilizaremos para explicar os experimentos.

2- Os Experimentos:

Os tópicos abordados nos experimentos serão: dilatação, mudança de fase, transformações gasosas, transmissão de calor, transformação de energia e 1ª lei da Termodinâmica.

Durante a exposição serão apresentados os seguintes experimentos, na ordem abaixo:

- 1) Modelo cinético dos gases I: a bexiga;
- 2) Modelo cinético dos gases II: o pistão;
- 3) Anel de s'Gravezande;
- 4) Canecões de convecção;
- 5) Eolípila de Herón;
- 6) Locomotiva;

Consideramos o papel do monitor fundamental no processo ensino-aprendizagem em Museus de Ciência. O monitor acompanha os alunos pelo Museu, explica os experimentos e participa das discussões que surgem sobre os fenômenos abordados. Outras pessoas mais experientes, como pais e professores, também exercem esse papel; mas nem sempre com a mesma eficiência do monitor, por não estarem familiarizados com as exposições.

Além de experimentos bem feitos, a explicação dos monitores é essencial ao bom entendimento dos experimentos por parte dos visitantes de um Museu de Ciência. Alguns trabalhos semelhantes ao nosso [Borun, Massey e Lutter, 1993]; [Falk, Moussouri e Coulson, 1995] e [ASTC, 1997], publicados em revistas especializadas, comprovam a aquisição de conhecimento em Museus de Ciência com a utilização de experimentos diversos. Nessas pesquisas, as pessoas apenas dispõem do experimento e as etiquetas indicativas de procedimentos de manuseio, assim como um manual de instruções. Se tomarmos por base a Estação Ciência, onde os alunos visitantes ficam por duas horas, não sobraria muito tempo para se ver todos os estandes. Com a presença dos monitores o Museu ganha outra dinâmica. Observamos que os alunos dão pouca atenção às etiquetas, tornando a interação com os experimentos apenas lúdica sem a presença do monitor.

Outro ponto importante a ser considerado numa exposição é a adequação do material exposto aos seus objetivos. [Gaspar, 1998] Por isso o experimento precisa ser bem feito e nítido, além de possuir um roteiro de explicações conceitualmente corretas. Os objetivos dos experimentos devem ser mais claros aos alunos-visitantes o quanto for possível, para que haja boa compreensão do que é apresentado.

A linguagem do monitor deve ser bem compreendida pelos visitantes do Museu. Ele deve saber prender a atenção de todos e utilizar palavras de fácil compreensão ao explicar um experimento.

Elaboramos abaixo um roteiro com a explicação e a descrição dos experimentos:

2.1- Descrição e roteiro sugerido para a explicação:

1) Modelo cinético dos gases I: a bexiga;

a) Descrição do experimento e objetivos:

O objetivo desse experimento foi demonstrar a variação do volume ocupado pelo ar dentro de uma bexiga em função da temperatura.

Uma bexiga cheia de ar é colocada dentro de uma caixa de isopor com nitrogênio líquido (*figura 7*).

b) Roteiro conceitual sugerido para a explicação do monitor:

_ Dentro desta caixa de isopor há nitrogênio líquido. A temperatura do nitrogênio é aproximadamente de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aqui na minha mão está uma bexiga cheia de ar. A temperatura do ar dentro da bexiga é de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esse termômetro mede a temperatura ambiente dessa sala, que é a mesma do ar dentro da bexiga. Vamos considerar a temperatura ambiente da sala igual à temperatura do ar dentro da bexiga.

O monitor coloca a bexiga dentro do isopor, espera alguns segundos, e a retira.

_ Observem que o volume do ar dentro da bexiga diminuiu. Houve troca de calor entre o ar e o nitrogênio dentro do isopor. A temperatura do ar é maior que a do nitrogênio líquido antes de colocar a bexiga dentro do isopor. Dentro da caixa de isopor o ar da bexiga perde calor e fica com uma temperatura quase igual a do nitrogênio líquido.

— A diminuição do volume do ar fez com que a bexiga murchasse. A borracha que forma a bexiga não estava esticada como antes de colocá-la dentro do isopor. Esse fato mostra que a pressão do ar dentro da bexiga também diminuiu. Quando não está em contato com o nitrogênio líquido a pressão do ar dentro da bexiga é maior que a pressão do ar fora da bexiga (pressão atmosférica), devido à força extra que o ar deve fazer de dentro para fora a fim de manter o material elástico esticado. O “afrouxamento” da borracha indica uma diminuição da pressão externa exercida pela própria borracha, que se equivale à pressão interna do ar enquanto este permanece resfriado.

— Agora vou utilizar o próximo experimento para explicar melhor o que aconteceu com o ar dentro da bexiga, utilizando o modelo da teoria cinética dos gases.

2) Modelo cinético dos gases II: o pistão:

a) Descrição do experimento e objetivos:

Por meio deste experimento procuramos demonstrar o modelo para o comportamento microscópico de uma certa quantidade de gás dentro de um recipiente fechado. Procuramos demonstrar também o que acontece à pressão e volume do gás de acordo com variações da temperatura dentro do recipiente.

Ao ligarmos a fonte, o falante começa a vibrar e impulsionar as miçangas de encontro ao êmbolo (*figura 9*). O êmbolo então se move para cima.

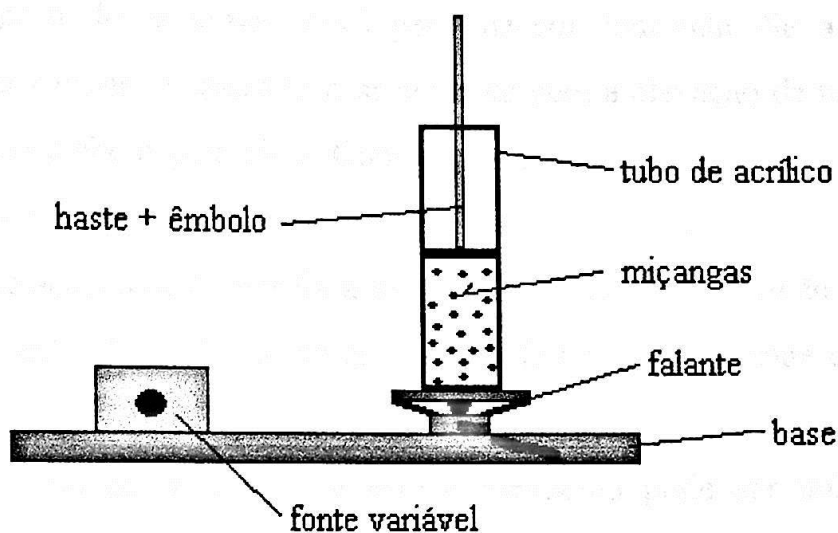


FIGURA 9: Ilustração do experimento sobre a teoria cinética dos gases.

b) Roteiro conceitual sugerido para a explicação do monitor:

Depois de ligar a fonte, o monitor dá a seguinte explicação para o experimento:

_ Observem o que acontece às bolinhas dentro tubo. Elas estão se agitando e empurrando o êmbolo para cima. Se eu girar o botão dessa forma, as bolinhas se agitam mais fazendo com que o êmbolo suba mais.

_ Podemos fazer de conta que estamos enxergando as moléculas que compõem o ar aprisionadas aqui dentro do tubo de acrílico. - diz o monitor, apontando para o experimento. - Quando giro o botão da fonte, o efeito observado nas bolinhas é o mesmo que acontece às moléculas que compõem o ar quando sua temperatura aumenta.

_ Se a temperatura do gás aumenta, as moléculas vão colidir com menor intensidade nas paredes do cilindro e no êmbolo. A pressão do ar dentro do

cilindro não se alterou, pois as forças que atuam sobre o êmbolo (seu próprio peso e o peso do ar atmosférico) permanecem constante. Se a pressão é constante, o volume ocupado pelo ar aumenta com a elevação da temperatura, deslocando o êmbolo para cima. Com a subida do êmbolo, o volume ocupado pelo ar dentro do cilindro aumentou.

_O que acabamos de ver foi a analogia de uma transformação de energia, ou seja, do calor fornecido a um gás se transformar parcialmente em trabalho ao deslocar o êmbolo.

_O modelo apresentado por este experimento pode ser utilizado para explicar o que acontece com o ar no experimento da bexiga. As moléculas que compõem o ar serão comparadas com minúsculas bolinhas em constante agitação dentro da bexiga. A bexiga murchou devido à diminuição da temperatura do ar lá dentro. Mas, nesse caso, não podemos dizer que a pressão se manteve constante dentro da bexiga. Não podemos esquecer que o material de que é feita a bexiga é elástico, por isso ele exerce uma pressão externa sobre o ar dentro da bexiga enquanto ela se mantém cheia. Ao murchar essa pressão diminui muito, nos levando a concluir que a pressão dentro da bexiga também diminuiu, pois a pressão interna do ar dentro da bexiga deve ser igual à soma das pressões externas (do peso do ar atmosférico e da força elástica da borracha).

3) Anel de s'Gravezande:

a) Descrição do experimento e objetivos:

Uma pequena esfera de metal será colocada em contato com a chama de uma lamparina (*figura 2*), para que seja demonstrado o fenômeno da dilatação do metal com o aumento de sua temperatura.

b) Roteiro conceitual sugerido para a explicação do monitor:

O monitor reúne os alunos em torno do experimento e diz:

_ Observem que esta esfera de aço pode passar facilmente através deste anel.

_ Acenderei a lamparina para aquecer a esfera por um tempo. Depois que a esfera estiver bem quente, vamos verificar se ela passa através do anel. O que vocês acham que acontece?

Alguns segundos depois...

_ A esfera de aço não passa mais pelo anel. Mas porque aconteceu isso?

_ O que houve foi um aumento das dimensões da esfera, uma dilatação. A temperatura da esfera aumentou quando ela foi aquecida pela chama, e suas dimensões também aumentaram.

_ Esse fenômeno ocorreu porque a agitação dos átomos do metal aumentou quando ele recebeu calor da chama.

Nesse momento o monitor mostra aos alunos uma figura (*figura 12*) com o desenho da rede cristalina de um sólido.

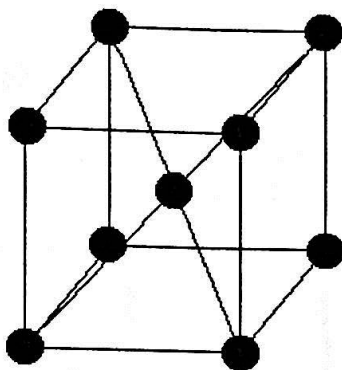


FIGURA 10: Esquema da rede cristalina de um metal.

Esse desenho representa como os átomos do metal estão dispostos. Cada átomo possui uma vibração natural que aumenta de intensidade após a temperatura da esfera aumentar. Então a distância média entre os átomos aumenta, e isso resulta no aumento das dimensões da esfera.

4) Canecões de convecção:

a) Descrição do experimento e objetivos:

Dois canecões de alumínio são ligados por dois tubos de alumínio, dispostos nas partes superior e inferior dos canecões (*figura 11*). Em um dos canecões é colocado um ebulidor para aquecer a água.

O experimento demonstrará que há troca de calor entre os canecões e que a temperatura de ebulição da água é constante.

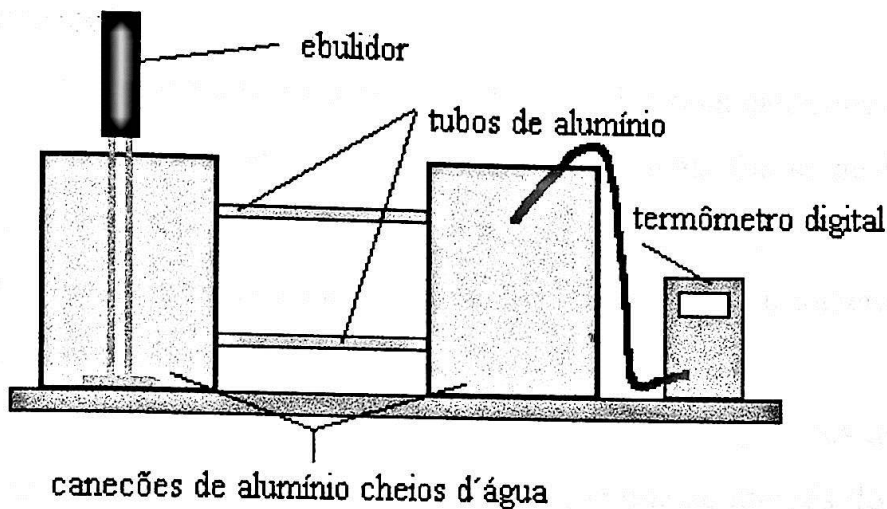


FIGURA 11: Ilustração do experimento para a verificação da convecção.

b) Roteiro conceitual sugerido para a explicação do monitor:

Antes de ligar o ebulidor, o monitor deve tampar um dos tubos de alumínio para que não haja troca de água entre os canecões.

_ Vou iniciar esse experimento ligando o ebulidor para aquecer água deste canecão. Vamos acompanhar o aumento da temperatura com o termômetro.

Depois de um tempo a água entra em ebulição.

_ Olhem só, a água está fervendo. Observem que a temperatura do termômetro não passa de 98°C , mesmo com o ebulidor ainda ligado à tomada.

_ Isso pode ser explicado porque a 98°C a água entrou em ebulição, isto é, seu estado físico está mudando de líquido para gás.

Após essa explicação, sem desligar o ebulidor e retirar o sensor do termômetro de dentro do canecão, o monitor destampa o tubo de alumínio.

_ Um desses tubos de alumínio que unem os dois canecões estava tampado. Eu o destampeei. Observem o que acontece à temperatura. O

termômetro marcava 98°C , mas está diminuindo. Por que isso está acontecendo?

_ Está havendo troca de calor da água dos dois canecões com o ebulidor. Agora que há comunicação entre eles, a água mais fria se desloca em direção ao ebulidor trocando de lugar com a água quente. A água quente, que é menos densa que a porção igual de água fria, flui pelo tubo superior. A água fria atravessa o tubo de baixo.

_ A troca de calor através do deslocamento de porções de água quente e fria se chama convecção. Os fluxos de água quente através do tubo superior e água fria pelo tubo inferior são denominados correntes de convecção.

_ Há também troca de calor por convecção dentro do canecão onde se encontra o ebulidor. A porção de água quente mais próxima do ebulidor se torna menos densa que a porção de água fria na parte superior do canecão. A diferença de densidade entre as duas porções de água provoca um movimento ascendente da água quente e descendente da água fria dentro do canecão, formando as correntes de convecção.

_ A convecção também pode ser observada em gases além de líquidos.

_ As correntes de convecção cessam quando a temperatura dentro dos dois canecões for igual a 98°C .

5) Eolípila de Herón:

a) Descrição do experimento e objetivos:

O balão de fundo redondo, que está suspenso por um fio e cheio d'água, é rotativo (*figura 4*). Quando aquecido, a água entra em ebulição. O vapor que saía pelos caninhos acoplados ao balão fazia o sistema girar.

Os objetivos deste experimento foram o de demonstrar como o calor pode se transformar em energia mecânica e dar uma referência histórica da primeira máquina a vapor construída pelo homem.

b) Roteiro conceitual sugerido para a explicação do monitor:

Após acender a lamparina embaixo do balão, o monitor diz:

_ Vamos aquecer esse recipiente de vidro e esquentar a água lá dentro. Veremos o que acontecerá quando a água ferver.

Enquanto a água não ferve, o monitor fala aos alunos:

_ Esse experimento se chama eolípila de Herón. Ela foi inventada por um filósofo chamado Herón, em Alexandria, há mais de 2000 anos, com o propósito de divertir as pessoas.

Quando a água entra em ebulição o monitor diz:

_ O vapor de água sai pelos tubos da máquina que estão direcionados para fora em sentidos opostos. Dessa forma o vapor expulso impulsiona o sistema da máquina a girar.

_ O movimento do mecanismo devido à saída do vapor pode ser explicado pela conservação da quantidade total de movimento do sistema. Enquanto a máquina não gira sua quantidade de movimento é zero. Quando o vapor sai pelo orifício dos tubos metálicos com uma quantidade de movimento (massa de vapor vezes velocidade de saída), o mecanismo se movimenta em sentido oposto ao vapor, com igual quantidade de movimento,

conservando como zero a soma total das quantidades de movimento do vapor expelido e da máquina giratória.

_ Com a eolípila de Herón vimos um exemplo de como a energia térmica (calor) pode ser transformada em energia mecânica de rotação. Muito tempo depois de Herón, no século XVIII, foram inventadas as primeiras máquinas a vapor para fins comerciais. Iniciava-se a Revolução Industrial, período de grandes mudanças na história da humanidade.

6) Locomotiva

a) Descrição do experimento e objetivos:

Esse experimento é um protótipo de uma Locomotiva (*figura 5*).

Demonstramos como o calor se transforma em trabalho e comentamos a importância histórica desta máquina a vapor.

b) Roteiro conceitual sugerido para a explicação do monitor:

O monitor acende a lamparina e a coloca dentro da fornalha da Locomotiva. Antes da máquina começar a funcionar o monitor explica:

_ A chama da lamparina vai aquecer a água dentro da caldeira. O vapor vai passar por dentro dessa válvula, e empurrar o pistão que está ligado ao mecanismo que gira a roda. Com isso a roda dá meia volta. O volante que está junto dela ajuda a completar uma volta, empurrando o pistão à sua posição inicial.

_ O mecanismo da Locomotiva permite que o calor gerado na fornalha se transforme em trabalho quando o vapor empurra o pistão.

3- Fundamentos para a análise da exposição:

3.1- A teoria de Vigotski: o estudo da formação de conceitos.

Nossa atenção agora estará centrada na análise do processo ensino-aprendizagem da exposição sobre termodinâmica.

A teoria científica traz subsídios para compreensão de determinados fenômenos físicos que podem ser observados numa situação experimental. O conhecimento científico está fundamentado na criação de modelos. Os modelos articulam a linguagem na descrição do comportamento da matéria frente às leis da natureza. As palavras se ordenam em torno de um significado, delineando os atributos dos objetos na formação de um conceito.

No capítulo do livro "Pensamento e Linguagem" [Vigotski, 1987] que fala sobre a apreensão dos conceitos científicos e sua relação com os conceitos espontâneos, encontramos muitas considerações que ajudaram bastante na compreensão do processo ensino-aprendizagem em exposições científicas.

Essencialmente, os conceitos espontâneos são formados em experiências e interações ocorridas fora das escolas ou da sala de aula propriamente dita. Os conceitos científicos, por sua vez, são ensinados justamente nesses ambientes. Um Museu de Ciência está fora do ambiente escolar, por isso o conteúdo das exposições nesses locais dá origem a conceitos espontâneos. Convém nesse ponto refazer uma observação do Capítulo 1 sobre nossa pesquisa. Apesar de realizada dentro de uma escola, a exposição se deu sob condições semelhantes tal qual seria na Estação Ciência.

O pensamento conceitual aparece nos adolescentes e na idade adulta. Na adolescência, a dinâmica dos conceitos depende do crescimento social e cultural do adolescente. O adolescente passa por uma transformação psicológica radical quando começa a usar a palavra como meio de formação de conceitos.

Vigotski descobriu que se uma criança não domina a utilização espontânea de uma palavra não poderá acioná-la em seu pensamento científico. Em contrapartida, a criança acha difícil solucionar problemas que envolvem situações do cotidiano se não tem consciência de seus conceitos. A ajuda do adulto que ensinou os conceitos científicos à criança é que permite a resolução dos problemas científicos antes dos que dizem respeito à vida cotidiana. “Por que o professor, trabalhando com o aluno, explicou, deu informações, questionou, corrigiu o aluno e o fez explicar.” [Vigotski, 1987]

Um conceito cotidiano (espontâneo) é construído em cima de muitas experiências pessoais que não ajudam a resolver problemas abstratos. O desenvolvimento de um conceito científico começa com sua verbalização e posterior aplicação a situações não espontâneas, longe de um nível mais elementar e concreto. Um conceito espontâneo se origina no confronto com uma situação concreta. O conceito científico envolve uma atitude mediada em relação ao objeto. Embora os conceitos científicos e cotidianos estejam intimamente relacionados, eles se desenvolvem em situações opostas; respectivamente da total abstração a um nível mais elementar e concreto e vice-versa. Os conceitos científicos vistos nas escolas geralmente carecem dos conteúdos das experiências pessoais. Em contrapartida, a consciência dos conceitos espontâneos dos alunos é tardia.

Durante explicação dos experimentos, o professor ou monitor estará descrevendo os fenômenos de cada experimento e explicando-os. As palavras utilizadas pelo monitor estarão se referindo a modelos que possam explicar os fenômenos físicos dos experimentos. Parte da linguagem científica construída a partir da explicação e observação dos experimentos, já é conhecida da maior parte dos alunos em situações de aplicação no cotidiano. Palavras como pressão, temperatura, e volume podem ser encontradas no cotidiano dos alunos em diversas situações. Por isso é importante dentro da explicação de um modelo científico, a definição exata da situação em que ele pode ser aplicado. É de fundamental importância que o aluno saiba diferenciar situações de aplicação da mesma palavra, para que o modelo se torne claro.

A teoria cinética dos gases, por exemplo, é um modelo científico sobre o comportamento da matéria gasosa em circunstâncias especiais. Explicações sobre variações de pressão, volume e temperatura, além do comportamento das moléculas do gás em determinadas situações, fazem parte da linguagem científica empregada na explicação dos fenômenos físicos. A análise da utilização do modelo científico sobre os gases está centrada na investigação da linguagem por meio de avaliações. As respostas sobre as causas e conseqüências de um fenômeno físico numa situação real, por exemplo, indicam o grau de compreensão do modelo científico relacionado. Questionários ou entrevistas são formas de avaliação dos resultados da exposição em função do aprendizado dos modelos científicos vinculados aos experimentos pelo professor ou monitor.

Um problema prático, inteiramente novo para o aluno, pode ser solucionado pela articulação da linguagem em função de um modelo científico. Um novo conceito, articulado pelo aluno, será colocado em prática para

responder a pergunta do questionário. Analisando essa resposta pode-se verificar se o conceito espontâneo do aluno aproxima-se do modelo científico.

3.2- A investigação do processo ensino-aprendizagem numa exposição científica.

O conhecimento da ciência e seus métodos, leva ao desenvolvimento da consciência e domínio dos conceitos. “ Ao operar com conceitos espontâneos, a criança não está consciente deles, pois sua atenção está sempre centrada no objeto ao qual o conceito se refere, nunca no ato do pensamento.” [Vigotski,1987]

A investigação da formação de conceitos científicos não pode se limitar à análise da reprodução verbal de um amontoado de palavras. A avaliação da definição verbal do conceito não traz conclusões objetivas sobre a aprendizagem. A formação de um conceito é parte viva de um processo intelectual em constante mutação.[Vigotski,1987]

A melhor análise obtém respostas em várias linguagens, pois o pensamento pode ser representado e esclarecido na fala, escrita ou por meio de instrumentos.

As estratégias de avaliação estão centradas na linguagem utilizada nas respostas que serão dadas. Os questionários se concentram na linguagem escrita e as entrevistas na linguagem falada e representada por gestos. Uma avaliação completa deve explorar a diversidade de linguagens que podem vir a representar um pensamento. A linguagem se acumula em articulações para a formação de uma idéia que alcançam significado na elaboração de uma resposta.

3.3 – Estratégias de Avaliação.

A avaliação foi feita em três etapas. A primeira etapa se deu com a aplicação de questionários. Esperamos aproximadamente um mês para iniciar uma outra etapa. Começamos então uma série de entrevistas com alunos que participaram da exposição. O diálogo entre o entrevistador e os alunos teve o propósito de avaliar a formação de conceitos científicos a partir da exposição.

A última etapa de avaliação consistiu também numa entrevista iniciada aproximadamente seis meses depois de concluída a exposição. Nessa entrevista, alguns alunos foram colocados diante de um programa computacional para resolver uma situação-problema utilizando os modelos científicos de termodinâmica. O software mostrava aos alunos uma simulação sobre o Movimento Browniano, conteúdo estudado em Termodinâmica. Os alunos deveriam descobrir as causas do Movimento Browniano, aplicando um dos modelos trabalhados durante a exposição de Termodinâmica.

Seguimos com a apresentação da avaliação e seus resultados.

4- Apresentação dos instrumentos para análise.

4.1- Primeira etapa: os questionários.

Uma avaliação mais rigorosa do primeiro trabalho nos fez perceber que deveríamos mudar o questionário utilizado. Se o nosso objetivo era analisar o que os visitantes aprendem sobre a teoria cinética dos gases, por exemplo, julgamos que as respostas ao questionário deveriam indicar isso com maior clareza. A análise de questões abertas e dissertativas indicou com mais detalhe o aprendizado, conduzindo a uma avaliação mais eficiente da exposição.

Aplicamos, primeiramente, um questionário com situações práticas ou do cotidiano dos alunos relacionadas ao conteúdo da exposição. Verificamos como os alunos solucionavam problemas práticos em que eles devem usar conceitos de termodinâmica. Analisamos a evolução das respostas após a visita à exposição com um questionário semelhante.

Se a exposição despertar nos visitantes algum conhecimento que eles possam relacionar ao seu cotidiano, diremos então que ela está cumprindo com seus objetivos. Podemos medir a eficiência da exposição de acordo com a habilidade dos alunos em aplicar o que aprenderam em situações práticas. Analisamos a evolução das respostas de cada aluno em questionários diferentes, aplicados antes e depois de passarem pela exposição.

Frente às considerações acima, podemos dizer que uma exposição científica pode estar relacionada ao cotidiano dos visitantes, ajudando a explicar através das demonstrações experimentais elementos do dia-a-dia sob a ótica de modelos científicos. Buscamos assim, na elaboração de novos experimentos para a exposição de termodinâmica da Estação Ciência, uma possibilidade de facilitar aos alunos visitantes o entendimento de conceitos científicos, pela direta visualização de um fenômeno e relação deste com o cotidiano.

O questionário deve estar voltado à avaliação do enriquecimento cultural de quem assistiu à exposição. Dizemos isso não somente do ponto de vista da teoria científica, mas também pela relação que os alunos poderão fazer a assuntos de imediato interesse na vida cotidiana.

Este trabalho estuda a aprendizagem do conteúdo científico de uma exposição sobre Termodinâmica sob determinados aspectos. A capacidade dos alunos em resolver problemas desencadeados por situações reais, dentro do

contexto da exposição, oferecem indicações de como os alunos de ensino médio utilizam o conhecimento científico da forma como foi apresentado.

As questões dissertativas apresentadas aos alunos mostram respostas dadas em dois momentos: antes e depois da visita à exposição. A análise das respostas procura apontar diferenças entre as respostas dadas em cada situação de acordo com a linguagem utilizada. Avaliamos erros e acertos em comparação com as respostas consideradas cientificamente corretas, detectando se o fato dos alunos terem assistido ou não à exposição poderia ter influenciado nas respostas.

Nessa etapa, os alunos responderam um questionário sobre termodinâmica. Cada grupo de 40 alunos em sala de aula foi dividido em duas turmas. Enquanto a primeira turma assistia à exposição, os outros respondiam ao questionário. Na mesma semana, em outra aula de física, os alunos que responderam o questionário se dirigiam à exposição e vice-versa.

Foram elaborados dois questionários diferentes que abordaram os temas da exposição. Os questionários foram detalhadamente explicados antes de serem respondidos, na tentativa de amenizar erros de interpretação por parte dos alunos. Seguiremos agora com a apresentação das questões, as respostas corretas e as respostas dos alunos. São consideradas corretas as respostas dadas segundo a teoria científica sobre o assunto. Usaremos a teoria científica como referência para a posterior análise das respostas dos alunos aos questionários.

1- Primeiro questionário:

Observação para as respostas dos alunos: Os números romanos depois das respostas indicam quantos alunos deram respostas iguais ou semelhantes.

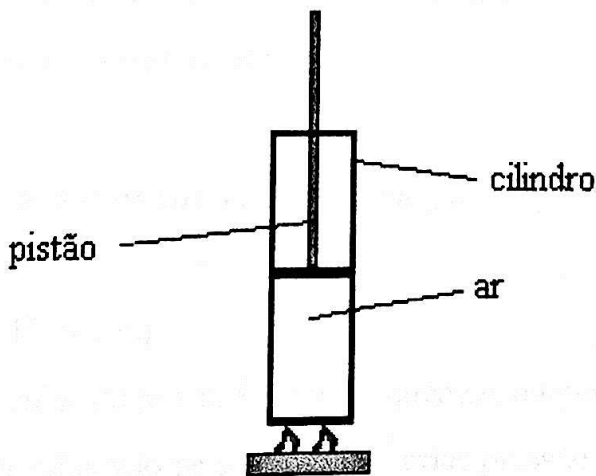
Nome:

Data:

Série:

Teste de Termodinâmica

1- Imagine uma certa quantidade de ar dentro de um cilindro fechado. O ar está preso por um pistão móvel. O que acontece ao êmbolo quando aumentamos a temperatura do ar dentro do cilindro? Em relação às moléculas que compõem o ar dentro do cilindro, seu estado inicial de agitação se modifica com o aumento da temperatura? Explique.



Comentários:

Essa questão foi assim elaborada por se referir a um dos experimentos abordados na exposição. Para os alunos que o responderam antes de assistirem à exposição, queríamos avaliar até que ponto dominavam o assunto e conheciam a linguagem pertinente. Analisaremos também as respostas dos alunos que já haviam assistido à exposição. A comparação dos resultados de cada amostra poderia nos indicar se o fato dos alunos terem visto a exposição mudaria ou não as respostas.

Resposta:

Se a temperatura do ar aumenta o pistão deve subir.

As moléculas que compõem o ar se agitam mais com o aumento da temperatura. Devido ao aumento da temperatura, o volume ocupado pelo ar dentro do cilindro também aumenta e o êmbolo sobe. A pressão interna do ar não se altera durante a transformação.

Respostas dos alunos antes de passarem pela exposição:

A - (4 alunos das 1^{as} séries):

- 1) “As moléculas de ar vão ficar mais quentes, empurrando o cilindro.”
- 2) “As moléculas vão se aglomerar e criar pressão para que o pistão se movimente.”
- 3) “As moléculas estão mais agitadas e erguerão o pistão da mesma forma que erguem um balão.”
- 4) “O pistão se move para cima. Sim, a temperatura, pois no ar há gotículas de água, criando vapor e fazendo pressão.”

B - (3 alunos dos 2^{as} séries):

- 1) “Vai ficar com pressão e o ar vai subir, fazendo com que o pistão suba, como no caso da panela de pressão quando ela está com muita pressão, pode acabar explodindo. Sim, modifica, vão ficar espalhadas.”
- 2) “ O pistão irá subir.”
- 3) “ O ar se dilata e o pistão sobe.”

C - (4 alunos das 3^{as} séries):

- 1) “ Devido ao aumento da temperatura, aumenta a pressão e o pistão sobe.”
- 2) “ O pistão sobe, pois com o aumento da temperatura do gás ele dilata e ocupa maior espaço, fazendo o pistão subir.”
- 3) “ O pistão subirá ,pois ficará com pressão e as moléculas começam a se movimentar com a temperatura.”
- 4) “ O pistão irá se deslocar para cima, pois quando se aumenta a temperatura também se aumenta a pressão, e então o pistão sobe. As moléculas com o aumento da temperatura se dispersam.”

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A - (1 aluno da 1^a série):

“ O pistão sobe por que quando a temperatura aumenta as moléculas passam a se movimentar mais rápido. Elas batem nas paredes do cilindro e no pistão fazendo-o subir.” As moléculas ficam mais rápidas com o aumento da temperatura.”

B - (9 alunos das 2^{as} séries):

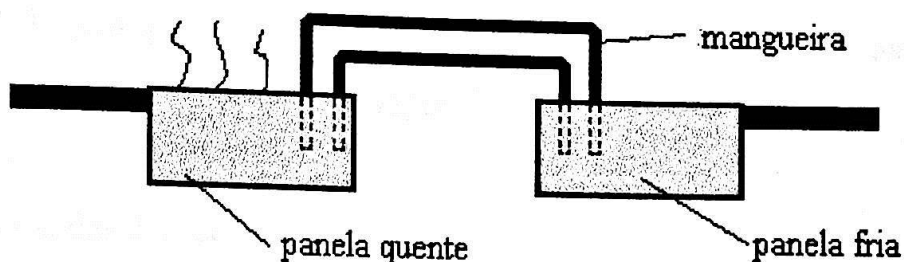
- 1) “ Ao aumentar a temperatura do ar o pistão irá subir. As moléculas de ar dentro do cilindro começarão a se movimentar mais rapidamente, ocupando um espaço maior.”[I, II, III, IV, V]
- 2) “ O pistão irá subir. Aumenta o movimento, as moléculas ficarão mais agitadas.” [I, II, III]
- 3) “ O pistão tende à subir. O calor faz com que os átomos aumentem seu volume, ou seja, antes de ser esquentado elas estavam em um estado de equilíbrio, mas ao ser esquentado esses átomos aumentam seu volume devido à alta temperatura em que se encontram ,fazendo com que haja o movimento do pistão.”

C - (4 alunos das 3as séries):

- 1) “ A temperatura vai fazer com que o pistão suba. Em relação às moléculas, elas ficarão mais agitadas com o aumento da temperatura.”
- 2) “ O pistão vai se deslocar para cima pois as moléculas de ar irão se movimentar mais rápido fazendo com que a pressão dentro do cilindro aumente.”
- 3) “ Com o aumento da temperatura a pressão aumenta e o pistão subirá. Modifica, vão se movimentar mais rápido.”[I,II]

2- Duas panelas idênticas estão cheias d'água, uma com água quente a aproximadamente 100 °C e a outra com água fria. O que acontece se você colocar dois pedaços de mangueira cheios de água,,

de 30cm de comprimento e 1cm de diâmetro cada uma, com suas extremidades dentro da panela?



Comentário:

Essa pergunta foi elaborada para abordar uma situação idêntica a da exposição. Se o aluno responder corretamente essa questão, poderemos concluir que a explicação do experimento obteve êxito dentro de seus propósitos. O conceito abordado estaria dentro da *zona de desenvolvimento proximal* dos alunos.

Resposta:

Haverá troca de calor por convecção entre as panelas. A água quente passará à panela com água fria e vice-versa, até que a água dentro das duas panelas esteja à mesma temperatura.

Respostas dos alunos antes de passarem pela exposição:

A - (4 alunos das 1^{as} séries):

- 1) "A panela quente continua quente e a fria fica morna."

- 2) “ A água quente irá fluir pela mangueira até a água fria. Porque as moléculas da água quente estão agrupadas, e as águas vão se encontrar e as temperaturas se igualarem.” [I,II]
- 3) “ A água que está na panela quente passará através da mangueira para a panela fria no estado de vapor.”

B - (3 alunos das 2^{as} séries):

- 1) “A água quente vai se chocar com a água fria dando um choque térmico, e a mangueira pode acabar derretendo.”
 - 2) “A água das duas panelas ficam à mesma temperatura.”
- “ Um lado da mangueira se dilatará e uma panela transbordará.”

C - (4 alunos das 3^{as} séries):

- 1) “ A mangueira da água quente irá se dilatar, ficar um pouco mole na ponta, e da água fria ficará normal.”
- 2) “ Haverá uma troca em busca do equilíbrio térmico, por isso a água quente passará através da mangueira para a panela de água fria e vice-versa.”
- 3) “ A água quente começará a se transformar em vapor e passará pela mangueira à outra panela começando a aquecer a outra panela.”
- 4) “ A água da panela à 100°C começa a evaporar e então o vapor passa pela mangueira e chega à panela com água fria e então haverá a troca de calor, já que o deslocamento é sempre do quente para o frio.”

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A - (1 aluno da 1ª série):

“ A água quente de uma panela passa para a panela de água fria e vice-versa, alterando a temperatura das duas panelas.”

B - (9 alunos das 2^{as} séries):

1) “Depois de algum tempo, a temperatura da água dentro das panelas será igual.” [I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX]

C - (4 alunos das 3as séries):

1) “ A água das duas panelas vai ficar com a mesma temperatura. (equilíbrio térmico).”

2) “ Porque a água quente sobe e a água fria desce fazendo com que haja uma troca de calor entre as panelas até que as duas estejam na mesma temperatura.”

3) “ Haverá troca de calor pelo processo de convecção.”

4) “ Elas vão trocar de temperatura, ou seja, por um canudo vai passar água fria e outra quente, vai fazer uma rotatória até ficar na mesma temperatura.”

3- “ Ao abastecer uma motocicleta nunca se enche o tanque até a boca” , principalmente em dias quentes.” Você concorda com essa afirmação ? Explique.

Comentário:

Gostaríamos de avaliar se os alunos seriam capazes de aplicar o conceito de dilatação térmica numa situação real. Poderemos saber se a exposição influencia na resolução de um problema do cotidiano.

Resposta:

A afirmação está correta. O aumento da temperatura provoca a dilatação do combustível, que vaza para fora do tanque .

Respostas dos alunos antes de passarem pela exposição:

A - (4 alunos das 1^{as} séries):

- 1) “O tanque começa a criar gás e corre o risco de explodir.”
- 2) “ Esquentará porque o combustível ficará quente e criará uma enorme pressão em sua tampa.”
- 3) “ Sim. O Sol pode esquentar o tanque e, como ele é feito de metal, pode produzir fogo e explodir.”
- 4) “ Sim, porque se o tanque estiver cheio, e a tampa estiver alta, a gasolina se evapora, e não tendo espaço para sair, ela pressiona a tampa fazendo com que ela estoure, o que pode ser perigoso.”

B - (3 alunos dos 2^{as} séries)

- 1) “Você tem que deixar um tanto sem encher porque ela tem a tendência a dilatar.”
- 2) “Sim. Não poderá encher o tanque até a boca porque a gasolina irá se dilatar.”

3) “Sim, porque com o calor o combustível se dilata e pode explodir.”

C - (4 alunos das 3^{as} séries)

1) “ Sim, porque irá vazar devido ao calor.”

2) “ Sim ,porque com o aumento da temperatura ocorre a dilatação do combustível e se ele estiver no nível da boca ele vazará.”

3) “ Sim, pois com o calor o combustível se transformará em gás e em contato com a boca do tanque começa a escorrer, se transformando em líquido.”

4) “ Sim, a gasolina vai começar a evaporar e como o tanque está cheio até a boca, a pressão dentro do tanque irá aumentar e a gasolina começará a vazar.”

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A – (1 aluno da 1^a série)

“ Sim, porque vai haver pouco espaço para as moléculas se movimentarem e a gasolina vai vazar.”

B - (9 alunos das 2^{as} séries):

1) “Sim. Porque o calor do Sol fará com que evapore a quantidade de combustível. Se houver espaço para a evaporação, haverá uma pressão, e quando abrir, provavelmente irá derramar.” [I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII]

- 2) “ Se o respiro do tanque não estiver aberto, a gasolina do tanque, que se dilata com a alta temperatura, irá vazar pela tampa do tanque.”

C - (4 alunos das 3as séries):

- 1) “ Sim, por que se abastecer até a boca a gasolina pode evaporar.”
- 2) “ Por que o combustível dilatará e irá derramar.”
- 3) “ Sim, porque com o aumento da temperatura irá derramar o combustível.”
- 4) “ Com o tanque muito cheio e com o calor, a temperatura vai aumentar e a gasolina vai derramar, por que as moléculas vão se movimentar rapidamente com o aumento da temperatura, ocupando mais espaço.”

4- Uma bexiga cheia de ar foi colocada dentro de um freezer, e lá deixada por horas. Depois de tanto tempo dentro do freezer, você acha que aconteceria alguma coisa com a bexiga cheia de ar?

Comentário:

A questão está associada diretamente com o experimento da bexiga.

Resposta:

A bexiga murcha.

Respostas dos alunos antes de passarem pela exposição:

A - (4 alunos das 1^{as} séries):

- 1) “ A bexiga murcha porque as moléculas ficam juntas.”. “ As moléculas vão se comprimir.”[I, II, III, IV]

B - (3 alunos dos 2^{as} séries)

- 1) “ Sim, a bexiga estouraria devido à dilatação.”
- 2) “ Não acontecerá nada com a bexiga.”
- 3) “ Ela diminuiria de tamanho.”

C - (4 alunos das 3^{as} séries)

- 1) “ Ela murcharia, porque o ar dentro dela viraria gotículas de água.”
- 2) “ Sim, pois com a diminuição da temperatura há uma diminuição no volume de ar dentro da bexiga, assim ela murchará.”
- 3) “ A temperatura enfraquece a borracha vazando seu ar.”
- 4) “ A bexiga irá murchar. O ar ao esfriar também diminui a pressão dentro da bexiga e as moléculas do ar vão juntar-se ainda mais.”

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A - (1 aluno da 1^a série)

“ Sim, porque no frio as moléculas param de se movimentar e param de bater na parede da bexiga, fazendo com que ela murche.”

B - (9 alunos das 2^{as} séries):

- 1) “Ela teria a tendência de murchar porque as moléculas de ar que lá se encontram, com a diminuição da temperatura, ficariam com pouco

movimento, diminuindo o espaço dentro da bexiga.”[I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX]

C - (4 alunos das 3as séries):

- 1) “ A bexiga iria murchar.”
- 2) “ Irá murchar pois as moléculas viajarão mais devagar oferecendo menos pressão nas paredes da bexiga.”
- 3) “Ela irá murchar, pois a pressão diminui então as moléculas ficarão aglomeradas, ocupando menos espaço.” [I,II]

5- Quando se aquece uma porção de água, dentro de um canecão destampado por exemplo, sua temperatura pode ultrapassar os 100°C? Por que?

Resposta:

Não. Porque nessa temperatura a água entra em ebulição. Enquanto a água se transforma em vapor sua temperatura não aumenta.

Respostas dos alunos antes de passarem pela exposição:

A - (4 alunos das 1^{as} séries):

- 1) “Não, porque aos 100°C a água começa a evaporar.”[I, II, III]
- 2) “ Não, a não ser que tenha fogo embaixo dela aumentando o volume cada vez mais.”

B - (3 alunos dos 2^{as} séries):

- 1) “ Eu acho que não, porque depois de 100°C ela passa a evaporar e não a aumentar a temperatura.” [I,II,III]

C - (4 alunos das 3^{as} séries):

- 1) “A temperatura não pode passar de 100°C, se ela atingir uma temperatura maior, ela vai evaporar.”[I,II,III, IV]

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A – (1 aluno da 1^a série):

- “ Não, porque depois dos 100°C a água começa a evaporar.”

B - (9 alunos das 2^{as} séries)

- “Não, porque a água evapora nessa temperatura.” [I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX]

C - (4 alunos das 3as séries):

- 1) “ Não, ela pode diminuir e não aumentar, ela vai chegar à 100°C no nível do mar.”
- 2) “ Não, pois a temperatura não ultrapassará os 98°C, e se passar irá evaporar.”[I,II]
- 3) “ Não, ela chega até 100°C, se passar dessa temperatura ela começa à evaporar.”

2- Segundo questionário

NOME:

SÉRIE:

DATA:

Teste de Termodinâmica

1- Imagine – se tampando a saída de ar de uma bomba para encher pneu de bicicleta. Depois pressionando a bomba com a outra mão. O que acontece com o ar dentro da bomba em relação ao seu volume, pressão e temperatura?

Resposta:

O volume diminui, a temperatura e a pressão aumentam.

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A - (9 alunos das 1^{as} séries):

- 1) “O volume do ar aumentou, a pressão subiu e a temperatura do ar baixou”
- 2) “O volume do ar aumentou. A pressão aumentou, fazendo com que a temperatura aumentasse. As moléculas ficaram mais agitadas e o ar dentro da bomba mudou”. [I, II, III, IV, V]
- 3) “As moléculas se contraíram ,conforme a pressão, a câmara de ar pode chegar à estourar. A pressão aumenta e a temperatura diminui”.

4) “A pressão aumenta, a temperatura abaixa e o volume diminui. As moléculas estavam circulando rapidamente, agora estão com baixa velocidade e menos energia. Porque num espaço menor elas perdem a velocidade e diminuem a força.”

5) “A pressão aumentou, com isso a temperatura e o volume diminuíram”

B - (9 alunos das 2^{as} séries):

1) “O ar vai se comprimir e as moléculas vão se agitar, as moléculas se agitam porque estão presas. A pressão aumenta junto com a temperatura.” “ O volume diminui.” [I, II, III, IV, V]

2) “ O volume aumenta, pois o ar está preso dentro da bomba, as moléculas se agitam, a temperatura aumenta e a pressão também.” “ O volume de ar aumentou pois você apertou a ponta e não saiu ar.(...)”[I, II, III, IV]

C - (8 alunos das 3^{as} séries):

1) “ O seu volume diminuiu pois o êmbolo da bomba pressionou o ar fazendo com que a pressão e a temperatura também aumentem, pois o movimento das moléculas faz a temperatura aumentar.” “ (...) as moléculas se movimentarão com mais rapidez.” [I, II, III, IV]

2) “Porque tampando a saída de ar que deveria ser liberado, ficará dentro da bomba mexendo com as moléculas.”

3) “ As moléculas se movimentariam menos devido ao aumento da pressão dentro da bomba.”

4) “ O ar ficará comprimido, seu volume diminui, a pressão e a temperatura aumentam.”

5) “Primeiro o ar vai voltar, fazendo as moléculas se agitarem em grande quantidade, aumentando a pressão e o volume.”

2- A água é usada para resfriar motores de automóveis. A temperatura dos motores não ultrapassa os 90 °C. Mesmo assim, alguns motores podem suportar temperaturas acima de 100 °C se forem montados com peças de qualidade. Por que os motores resfriados à água não podem trabalhar em temperaturas acima de 100 °C, mesmo suportando tais condições?

Resposta:

Em 100°C a água ferve, virando vapor. Por isso o motor não poderia ser resfriado.

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A - (9 alunos dos 1^{as} séries):

- 1) “Por que o motor pode travar ou quebrar por não suportar temperaturas acima do normal” “...temperaturas acima de 100°C.” [I, II, III, IV]
- 2) “É que o ponto de ebulição da água é de 100 °C, acima dos 100 °C a água se evapora.” [I, II, III, IV, V]

B - (9 alunos dos 2^{as} séries):

- 1) “Porque ultrapassando essa temperatura ele irá fundir.” [I, II, III, IV]
- 2) “A água não conseguiria resfriar o motor” [I, II, III, IV, V]

C - (8 alunos dos 3^{as} séries):

- 1) “ Porque o cilindro se aquece muito, fundindo e estourando o motor.” [I,II, III]
- 2) “ O motor não pode trabalhar numa temperatura acima de 100°C porque a água ferve e o motor trava.” [I,II]
- 3) “ A água não se resfriaria a tempo para retornar ao motor e resfriá-lo.” [I, II]
- 4) sem resposta.

3- Muitas vezes colocamos um prato de vidro quente sobre uma superfície fria e o prato quebra. O que acontece ao vidro nessas condições?

Resposta:

O prato quebra porque o vidro não suporta a mudança brusca de temperatura. O vidro se contrai rapidamente e quebra.

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A - (9 alunos dos 1^{as} séries):

- 1) “Ele quebra porque está numa temperatura quente e é colocado num lugar frio. Ele toma um tipo de choque e se quebra” “Porque o vidro não tem a capacidade de se esfriar rapidamente” [I, II, III, IV, V, IV, VII, VIII]

2) “As moléculas se agrupam e causa um choque térmico e o prato quebra”.

B - (9 alunos dos 2^{as} séries):

“Por causa do choque térmico.” “ O prato está quente e de repente ele esfria, causando o choque térmico, fazendo o prato quebrar.” [I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX]

C - (8 alunos dos 3^{as} séries):

1) “Como o prato fica quente as moléculas estão bem separadas.

Quando há um choque térmico as moléculas se agrupam rapidamente se rompendo e fazendo com que o vidro quebre.” [I, II, III, IV]

2) “ Houve choque térmico.”

3) “ Haverá uma desproporção de moléculas quentes e frias, causando a erosão do vidro.”

4) “ Estando numa temperatura elevada, e esfriando de repente , ele passa de dilatação à contração e se quebra.”

5) “ O vidro racha porque as moléculas não estarão em situações iguais, porque ele vai uma temperatura diferente da sua de repente, não podendo assim se igualar à outra rapidamente.

4- Você saberia explicar porque os fornos de microondas, ferros de passar roupa e fogões, por exemplo, não são máquinas térmicas?

Comentário:

Essa questão aborda o conceito de máquinas térmicas, visto na exposição através da locomotiva.

Resposta:

As máquinas térmicas transformam calor em trabalho, e os fornos de microondas, fogões e ferros de passar não operam essa transformação de energia.

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A - (9 alunos dos 1^{as} séries):

- 1) Por que eles não irão conservar nada naquela temperatura quente e sem não esfriar logo após.”
- 2) “Por que o microondas, o ferro de passar e os fogões utilizam energia elétrica para exercer suas funções”. “Não precisam de água.”[I, II, III, IV, V]
- 3) “ Não, por que as máquinas não funcionam à água”.
- 4) “ Por que não ficam numa pressão só o gerador deles pode esquentar depois esfriar, depois que geram calor.”
- 5) “O microondas e o ferro são aparelhos elétricos, existem fogões que são elétricos também, mas outros são ligados por fósforos. Se lembrarmos da garrafa de café, veremos o que é térmico, mantém sua composição quente por um bom tempo.”

B - (9 alunos dos 2^{as} séries):

1) “ Porque são aparelhos estáveis, eles não conseguem conservar a temperatura.”[I,II, III, IV,V, VI, VII, VIII]

2) Não respondeu.

C - (8 alunos dos 3^{as} séries):

1) “É que eles mantêm alta temperatura quando estão ligados e baixa temperatura quando estão desligados.”[I,II, III]

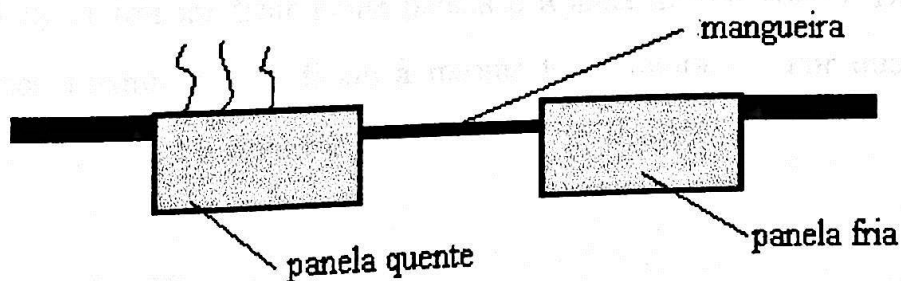
2) “ Porque esses aquecimentos não conservam a temperatura.”

3) “ Porque servem apenas como condutores de calor. Não são movidos à vapor.”[I,II]

4) “ Esses distribuem seu calor aos componentes que o recebem.”

5) “ Porque eles não precisam de vapor para esquentar nada, eles passariam sua energia para outras coisas.”

5- No sistema abaixo haverá troca de calor entre as panelas? Por que?



Comentário:

Essa questão se refere ao experimento dos canecões de convecção. No início da demonstração do experimento, a extremidade de um dos canos é tampada e a água quente não passa para o canecão com água fria. A resposta correta depende da observação desse fato.

Resposta:

Não haverá troca de calor porque são necessárias duas mangueiras para que haja a troca de calor.

Respostas dos alunos depois da visita à exposição:

A - (9 alunos dos 1^{as} séries):

- 1) "Não, por que se a água quente passar pelo tubo de alumínio de cima, a água fria teria que ter um outro tubo de alumínio embaixo para passar." " Não haverá troca de calor." " São necessários dois tubos para que haja troca de calor". [I, II, III, IV, V].
- 2) "A água fria irá ficar numa panela e a água quente noutra, Depois as águas misturam-se e ficam à mesma temperatura." " Por que a água quente procura a água fria e vice-versa." [I, II, III, IV]

B - (9 alunos dos 2^{as} séries):

"Não porque só há uma passagem para a água, mas se tivesse duas passagens aconteceria a troca de calor fazendo com que houvesse o equilíbrio térmico." " Não, pois a água quente é mais densa e a água fria é mais pesada.

Se houvesse dois canos a água fria passaria por baixo e a água fria por cima.”[I, II, III, IV,V, VI, VII, VIII, IX]

C - (8 alunos dos 3^{as} séries):

“Não, porque a água quente não conseguirá chegar à panela de água fria”.

“Porque são necessários dois canos para que haja troca de calor.” [I, II, III, IV, V,VI, VII, VIII]

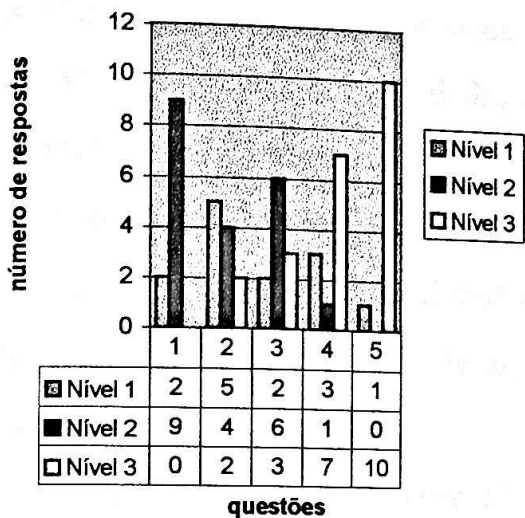
4.1.1- Análise das respostas dos questionários:

As respostas dos alunos serão classificadas em três níveis:

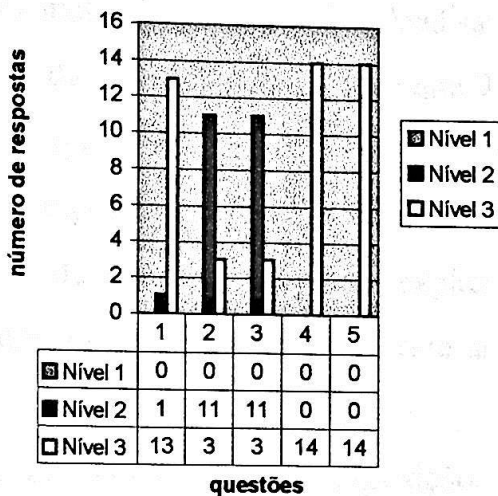
O primeiro nível é de respostas erradas. No segundo nível as respostas são consideradas corretas quanto ao resultado, mas o aluno utiliza a teoria e a linguagem vista na exposição de maneira errada. Serão consideradas de nível dois as respostas certas sem uma explicação que tenha sido solicitada na questão. Pertencem ao terceiro nível as respostas certas em que o aluno faz uso da teoria e da linguagem corretamente.

Os resultados dessa avaliação são mostrados abaixo:

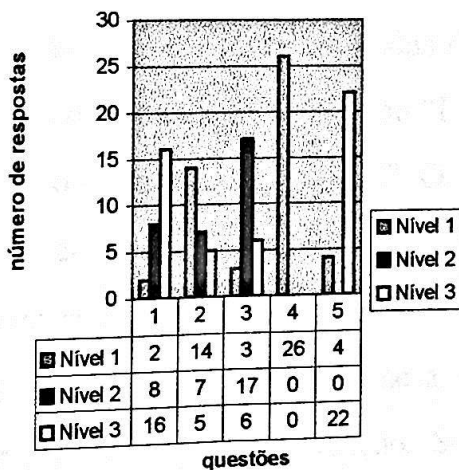
Respostas ao 1º questionário antes da visita



Respostas ao 1º questionário depois da visita



Respostas ao 2º questionário depois da visita



Tabelas e gráficos: Respostas aos testes divididas por nível.

Faremos inicialmente uma comparação das respostas dadas ao primeiro questionário antes e após a visita à exposição.

As respostas à primeira questão antes da visita apresentam aproximadamente 82% de incidência no nível 2, e nenhuma resposta no nível 3. Nessas respostas de nível 2 a maioria dos alunos afirmou que o pistão subia, mas não explicaram o comportamento das moléculas na situação. Analisando as respostas à mesma questão dadas depois da exposição, verifica-se que 93% dos retornos estão dentro do nível 3. Essa questão se refere ao experimento abordado na exposição. A evolução das respostas confirma a eficiência do experimento e mostra que os alunos usaram de uma linguagem para explicar o comportamento das moléculas de ar, o que era praticamente inexistente antes de verem a exposição.

A segunda questão também aborda um assunto visto na exposição. As respostas antes da exposição estão divididas em 45% no nível 1, 36% no nível 2 e 19% no nível 3. Depois da exposição 78% das respostas estavam dentro do nível 2 e 22% no nível 3. Os resultados não são animadores, houve um acréscimo de apenas 3% nas respostas corretas dadas depois da exposição. A maior parte das respostas depois da visita foi do tipo "Depois de algum tempo, a temperatura da água dentro das panelas será igual". Os alunos não explicaram como se deu o processo de convecção entre as porções de água, por isso essas respostas ficaram dentro do nível 2. Concluímos que uma das justificativas para o fraco desempenho dos alunos nessa questão é que a exposição não abordou os temas troca de calor por irradiação e condução. Sem saber diferenciar a convecção de outras formas de troca de calor, as respostas ficaram incompletas.

O tema dilatação foi tratado na questão 3 como uma aplicação no cotidiano. Na exposição os alunos acompanharam a dilatação de um sólido, e a questão 3 se refere à dilatação de um líquido. As respostas antes da exposição

estão classificadas em 18% no nível 1, 54% no nível 2 e 27% no nível 3. Depois da exposição 79 % das respostas estão dentro do nível 2 e 21% no nível 3. Os números mostram que depois da exposição os alunos acertaram menos em comparação ao momento anterior à visita. Um exemplo onde se encaixam a maioria das respostas que estão dentro dos 79% de nível 2 depois da exposição é “Sim. Por que o calor do Sol fará com que evapore a quantidade de combustível. Se houver espaço para a evaporação, haverá uma pressão, e quando abrir, provavelmente irá derramar.” Nesse exemplo os alunos não imaginaram a dilatação da gasolina, quiçá por não haver na exposição um experimento sobre dilatação em líquidos. A resposta está agregada à evaporação do combustível. Embora a gasolina realmente evapore nessa situação, não é isso que causa o vazamento de combustível.

Para a quarta questão estão divididas em 27% no nível 1, 9% no nível 2 e 64% no nível 3 antes da exposição, e em 100% de respostas no nível 3 após a visita. O maior número de respostas corretas depois da visita foi certamente influenciada pela exposição. Uma curiosidade nas respostas feitas depois é que além de acertá-las mais, os alunos procuraram explicar com mais detalhes o que acontecia à bexiga. Como segue no exemplo, “Ela teria a tendência de murchar porque as moléculas de ar que lá se encontram, com a diminuição da temperatura, ficariam com pouco movimento, diminuindo o espaço dentro da bexiga.”, a maioria das respostas depois da exposição foram produzidas numa linguagem mais elaborada. Houve certamente a influência da visita à exposição nessa intenção.

Na quinta questão apenas 10% dos alunos erraram antes da exposição. Depois 100% acertaram a resposta. Os alunos mostram bom domínio desse

assunto antes da exposição. O aumento do número de respostas corretas depois ratificou o resultado das visitas.

Vamos agora à análise das respostas ao segundo questionário, aplicado depois da exposição.

Na primeira questão 62% das respostas estão corretas.

A segunda questão apresentou 54% das respostas no nível 1, 26% no nível 2 e 20% no nível 3. A maioria das respostas no nível 1 se assemelham a: “Porque ultrapassando essa temperatura ele irá fundir”. Essa resposta indica que os alunos não entenderam a pergunta do questionário. Gostaríamos de deixar claro que o motor não sofreria danos se a sua temperatura ultrapassasse um pouco os 100°C. Aos 100°C a água entra em ebulição e evapora, depois disso a temperatura do motor sobe demais e ele quebra por falta de resfriamento. Não nos parece que os alunos tiveram dificuldade em compreender que a água ferve aos 100°C. Mas houve um certo problema em entender a pergunta.

A terceira questão se refere ao conceito de dilatação aplicado numa situação do cotidiano. Apenas 23% das respostas estão totalmente corretas, 65% são do nível 2 e 12% do nível 1. Nas respostas de nível 2 os alunos se referiram somente ao “choque térmico” como causa para o vidro se quebrar, sem se referir à contração sofrida com a diminuição da temperatura.

Todas as respostas para a questão quatro estão erradas. O tema das máquinas térmicas não foi trabalhado com uma quantidade de informações suficiente para que os alunos acertassem as respostas.

Das respostas para a quinta questão, 85% estão certas. Essa questão se refere diretamente a um dos experimentos. Como exemplo das respostas incorretas podemos citar: “A água fria irá ficar numa panela. Depois as águas

misturam-se e ficam a mesma temperatura.” Concluímos que as respostas incorretas se devem aos alunos não ter compreendido a explicação do experimento, ou ao fato de interpretarem o desenho que está junto à pergunta como duas painelas ligadas por dois canos.

4.1.2- Conclusão:

Os resultados dessa primeira avaliação mostram que houve mais êxito dos alunos em responder as questões que se referiam aos experimentos mostrados na exposição. Além disso, as questões sobre temas do cotidiano mais acertadas abordavam a teoria cinética dos gases.

A teoria cinética foi explicada em dois experimentos, sendo que num deles os alunos podiam ver um modelo do que acontecia com as moléculas do gás. O tópico apresentado em maiores detalhes, com experimentos eficientes, proporciona melhores resultados. A questão 1 do segundo questionário não exigia a explicação do comportamento das moléculas do ar na transformação gasosa, mesmo assim na maioria das respostas os alunos tentaram explicar. Isso mostra que a exposição sobre a teoria cinética dos gases, juntamente com a explicação do monitor, propiciou um aprimoramento da linguagem dos alunos ao abordar o fenômeno físico.

Os piores resultados nos chamam a atenção para que alguns temas sejam mais bem explicados. Um exemplo é o fenômeno da troca de calor. Na exposição se fala apenas da convecção, e isso comprometeu o bom rendimento dos alunos. Outro assunto pouco compreendido pelos alunos foi o das máquinas térmicas. Mais experimentos, recursos gráficos, ou até uma mudança no roteiro das explicações, poderiam melhorar os resultados da avaliação. É

claro que isso não pode ser feito sem uma prévia discussão dos objetivos da exposição junto ao público.

4.2- Entrevistas da segunda etapa de avaliação.

4.2.1- Primeira entrevista: alunos da terceira série noturno:

Esta entrevista foi realizada no dia 27 de abril de 2000, com quatro alunos que participaram da exposição no dia 22 de março.

Os alunos A, B, C e D se sentaram diante de uma mesa, onde o entrevistador colocou as fotos de todos os experimentos que foram demonstrados naquele dia. Primeiramente foi mostrada aos alunos a foto da experiência da bexiga, e o entrevistador perguntou:

- Vocês se lembram o que acontecia nessa situação?

Todos responderam que sim, dizendo que bexiga murchava quando entrava em contato com nitrogênio líquido.

Em seguida o entrevistador perguntou:

- Qual desses experimentos entre essas fotos que foi utilizado para explicar o que aconteceu com a bexiga?

Os alunos mostraram ao entrevistador o experimento da teoria cinética dos gases, acertando a resposta.

- Como funcionava esse experimento?

O aluno D respondeu que o professor regulava a temperatura dentro daquele cilindro mexendo no botão. A aluna B falou que as bolinhas ali dentro ficavam se mexendo fazendo pressão, e o pistão subia.

Depois dessas palavras nenhum aluno quis acrescentar mais nada sobre o que se lembravam acerca do experimento. Então o entrevistador pegou o experimento para mostrar aos alunos e, com este nas mãos, disse:

- Eu apertava este botãozinho e o experimento começava a funcionar.

Então, o que acontecia quando eu girava este botãozinho?

- As bolinhas começavam a pular. Disseram os alunos.

- E se eu girar este botão, o que acontece?

- As bolinhas vão começar a pular mais.

- O que eu disse que eram essas bolinhas vermelhas?

O aluno A respondeu:

- Essas bolinhas são as moléculas de um gás.

Depois disso o entrevistador pegou a foto da bexiga e disse aos alunos:

- Como vocês poderiam utilizar o modelo mostrado por esse experimento para explicar o que acontecia com o ar dentro da bexiga quando ela entrou em contato com o nitrogênio e murchou ?

O objetivo desta pergunta foi dar total liberdade aos alunos para utilizarem palavras como pressão, volume, temperatura e agitação molecular para darem a resposta.

O entrevistador fez a pergunta novamente, e a aluna C disse:

- A bexiga marchava porque as moléculas do ar paravam um pouco de se movimentar lá dentro.

O aluno A ajudou a complementar a resposta dizendo:

-Elas se agitavam menos.

Ficou evidente na resposta do aluno, que a diminuição do volume do ar dentro da bexiga estava associada à diminuição de sua temperatura, mesmo sem utilizar toda a formalidade da teoria cinética dos gases. Nem mesmo as

palavras temperatura e volume foram citadas. Uma das coisas que mais chamaram a atenção dos alunos na exposição foi a “fumaça” que saía do tambor de nitrogênio líquido. Desde o primeiro momento da visita ficou claro para os alunos que a temperatura do nitrogênio líquido era -196°C . O aluno pode não memorizar as palavras, mas entende o fenômeno físico. Essa é uma característica do ensino informal.

Um detalhe sobre as respostas é que o conceito de pressão não foi citado pelos alunos. Isso é um indício do nível de compreensão da teoria e das limitações da exposição. A causa para que a bexiga murchasse era a diminuição do volume de ar. Mas a redução do volume é um efeito direto da queda da temperatura e da pressão dentro da bexiga. Não foram considerados os detalhes da explicação, por parte dos alunos, que incluíam o conceito de pressão. Concluimos então que a exposição não foi eficiente em demonstrar esse conceito. A situação, que estava bem definida para o professor, não ficou clara para os alunos.

4.2.2- Segunda entrevista (alunos da terceira série noturno):

Primeiramente foi perguntado aos alunos se algum experimento, dentre as fotos colocadas em cima da mesa, eles gostaram mais. Os três mostraram o experimento da bexiga. A menina B mostrou também a Eolípila de Herón.

Então, depois disso o entrevistador perguntou a eles como poderia ser explicado o experimento da bexiga. A menina B falou que a bexiga murchava, e voltava a encher quando ela era retirada de dentro da caixa de isopor. A aluna C disse que as moléculas de ar dentro da bexiga paravam de se movimentar, por isso que ela murchava. Seguindo com a pergunta o entrevistador disse:

"Continuem..., o que acontecia?" "A bexiga ficaria mais fria mais gelada?". Todos acionaram positivamente com a cabeça.

Os alunos sabiam que devido à baixa temperatura o volume da bexiga diminuía e vice-versa. Não foram ditas exatamente as palavras temperatura e volume para descrever os efeitos, mas avaliamos que os fenômenos físicos eram conhecidos.

Na seqüência o entrevistador disse:

_ Dentre esses experimentos que aparecem nas fotos em cima da mesa houve algum desses que eu usei para explicar o que acontecia como ar dentro da bexiga. Simultaneamente o aluno A e a aluna C apontaram o experimento sobre a teoria cinética dos gases. Os outros dois alunos não lembravam direito qual era.

_ Então é o experimento que fazia com que as bolinhas vermelhas pulassem dentro tubo?

_ Sim, responderam.

_ Como vocês poderiam utilizar o modelo explicado com a ajuda desse experimento, para responder o que acontecia com o ar dentro da Bexiga? - disse o entrevistador apontando para experimento da teoria cinética dos gases.

O aluno A respondeu:

_ Com um aumento da temperatura, as moléculas que estavam representadas pelas bolinhas dentro do tubo se movimentavam mais.

Concluimos então que os alunos entenderam que o aumento da temperatura estaria associado ao aumento da agitação das moléculas de ar, representado pelas bolinhas dentro do cilindro.

_ Como dentro da bexiga não havia calor, o espaço ocupado pelas moléculas de ar lá dentro diminuía, respondeu o aluno A.

_Era o volume que diminuía?

_Sim, responderam. Neste momento o experimento foi colocado na mesa diante dos alunos. Eles são questionados sobre o que aconteceria quando o experimento fosse ligado.

_O que acontece quando giro o botão ?

_As bolinhas começavam a pular com mais intensidade conforme você girava. Isso representou o aumento da temperatura. E ocupavam mais volume, disse o aluno A, gesticulando.

_Vocês se lembram de mais alguma coisa referente à explicação

_Qual nome do modelo representado pelo experimento?

Nenhuma das perguntas foram respondidas.

Em nenhum momento os alunos citaram o conceito de pressão. Não somente pela ausência da palavra, podemos dizer que os alunos não conseguiram dar uma explicação utilizando o modelo científico sobre a teoria cinética dos gases, com toda sua formalidade. Eles lembraram de trechos do modelo e utilizaram a linguagem para dar uma resposta coerente às perguntas.

Mencionamos também nas entrevistas o experimento que ilustra o conceito de convecção: o experimento dos dois canecões. Perguntamos para todos alunos inicialmente se conheciam como o experimento funcionava. Todas as respostas foram afirmativas no sentido de conhecer o experimento e explicá-lo. Todos os alunos souberam dizer o que acontecia. A água quente e a água fria em movimento até que ficassem com a mesma temperatura. Água quente pelo caminho de cima e a água fria pelo caminho de baixo.

Reconheceram o termômetro e o ebulidor. A maioria dos alunos também sabia que a temperatura da água em um dos canecões aumentava até um limite de aproximadamente 98 °C, enquanto a rolha tampava um dos caninhos. E um

dos alunos disse esse fenômeno era devido à transformação da água líquida em vapor. Poucos alunos souberam denominar o fenômeno de troca de calor como convecção

Na terceira oportunidade, entrevistamos uma aluna da 1ª série do ensino médio diurno. A diferença para as outras entrevistas, está no comentário que a aluna fez sobre como podemos utilizar o experimento sobre a teoria cinética dos gases para explicar o comportamento do ar dentro da bexiga. Quando o entrevistador perguntou o que acontecia quando ele girava o botão do experimento, a aluna respondeu, diante do experimento em funcionamento, que ele estaria aumentando a pressão do ar representado pelas bolinhas vermelhas dentro do tubo. O entrevistador fez uma outra pergunta:

_Eu estaria operando a temperatura do ar?

_Sim, girando o botão você estaria diminuindo a temperatura, e as moléculas de ar param de se agitar – disseram os alunos.

Aparentemente, para os alunos de maneira geral, não há diferença entre os conceitos de pressão e temperatura no modelo apresentado na exposição. Na entrevista com alunos diferentes, foi feita a pergunta sobre como eles poderiam explicar o conceito de pressão a partir do experimento da teoria cinética dos gases. Não houve resposta em nenhuma das entrevistas.

Os alunos se sentiram satisfeitos em explicar o experimento da Bexiga, utilizando apenas os conceitos de volume e temperatura. Não houve intenção em explicar mais detalhes sobre as causas do fenômeno.

4.2.3- Outras entrevistas:

Em uma quarta entrevista, duas alunas da primeira série do ensino médio tiveram um pouco mais de dificuldade para chegar à resposta sobre o experimento da bexiga. Uma das alunas, disse que ao girar o botão estaria diminuindo a pressão, fazendo a bexiga murchar. Não deixa de ser verdade, apesar de estarmos controlando a temperatura do ar dentro da bexiga quando fizermos o experimento. Depois explicação desse detalhe, as alunas não tiveram dificuldade em entender o fenômeno.

A quinta entrevista, realizada com uma aluna da 2ª série do ensino médio de um ano, transcorreu da mesma forma que as outras. A aluna não encontrou dificuldades em explicar o experimento sobre a teoria cinética dos gases, e relaciona-lo o com o experimento da bexiga.

Numa sexta entrevista, o aluno também explicou corretamente o experimento da teoria cinética dos gases. O aluno sabia detalhes da construção do experimento, e respondeu as perguntas com relativa facilidade. Soubemos mais tarde que o pai desse aluno é técnico em eletrônica. O pai foi citado pelo aluno várias vezes durante a entrevista. Tivemos então uma idéia de como a experiência de vida de um aluno pôde auxiliá-lo e motivá-lo ao entendimento da exposição.

A sétima entrevista, apresentou resultados semelhantes às entrevistas já relatadas.

Na oitava e última entrevista, o aluno da 3ª série do ensino médio diurno disse que com a diminuição da pressão dentro da bexiga as moléculas de ar se movimentavam mais. O entrevistador insistiu na pergunta para saber se ele saberia relacionar o conceito de temperatura à descrição do fenômeno, mas não foi obtido sucesso. Essa entrevista foi encerrada com a explicação do entrevistador sobre o experimento da teoria cinética dos gases.

Os outros experimentos, como o anel de s'Gravezande, a locomotiva, e a Eolípila de Herón, foram algumas vezes citados pelos alunos como o experimento que mais gostaram. Não houve dificuldades para os alunos em explicar esses experimentos informalmente. Com exceção do anel de s'Gravezande, que alguns alunos tiveram dúvidas sobre como a esfera poderia dilatar, e a locomotiva, que os alunos tiveram dificuldade de explicar detalhes de seu mecanismo de funcionamento. Em relação à locomotiva, somente um aluno deu mais detalhes sobre o mecanismo de funcionamento.

Não fizemos muitas perguntas aos alunos sobre máquinas térmicas. Acreditamos que a exposição não ofereceu condições para tanto, em relação ao tempo da exposição e também aos recursos utilizados pelo monitor para explicar o funcionamento da locomotiva.

Nessa etapa da avaliação foram entrevistados 17 alunos do ensino médio. Em duas entrevistas apenas os alunos não souberam explicar o experimento da bexiga, utilizando o modelo da teoria cinética dos gases. O resultado da exposição foi satisfatório. Podemos dizer que nos experimentos apresentados aos alunos sobre a teoria cinética dos gases, a situação em que o modelo foi utilizado ficou bem definida. Comprovamos com as entrevistas que 80% dos alunos compreenderam informalmente o modelo da teoria cinética dos gases através dos experimentos. A linguagem informal que os alunos utilizaram para explicar os fenômenos, é um reflexo da natureza da exposição. As exposições científicas, principalmente as vinculadas à museus e centros de ciências, e semelhantes a apresentada na escola, abordam os conceitos de informalmente. Portanto não se poderia exigir dos alunos uma explicação formalizada da teoria como a encontrada nos livros didáticos.

4.3- Terceira etapa das entrevistas: a avaliação da compreensão do modelo da teoria cinética dos gases através de sua aplicação num programa computacional.

Nos dias 13 e 14 e 15 de julho de 2000, foram realizadas entrevistas com alunos do ensino médio sobre um programa de computador chamado

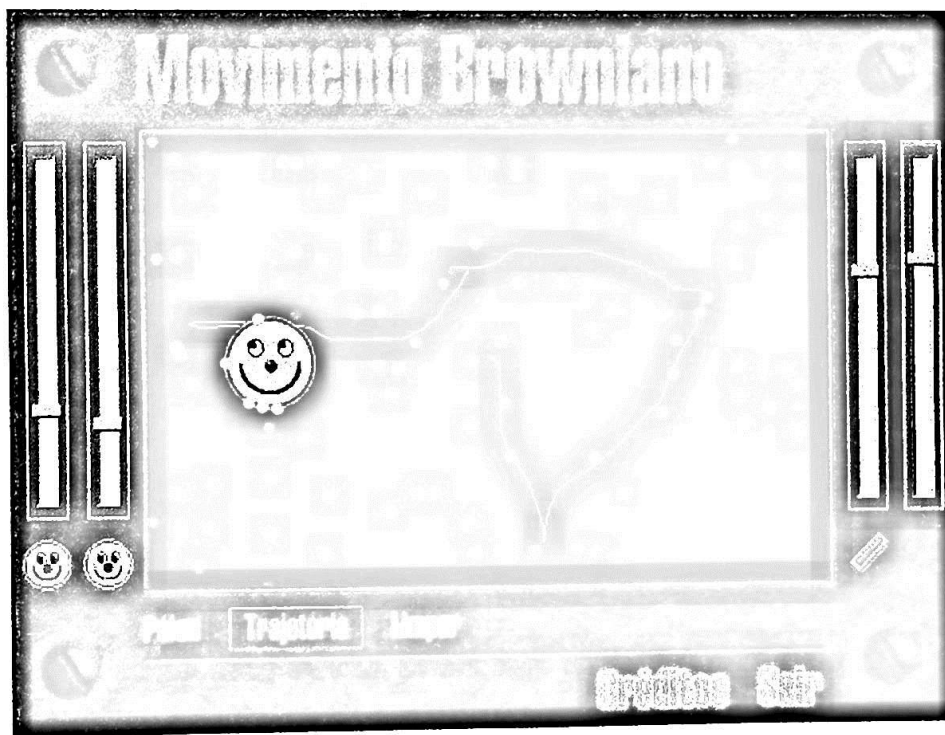


FIGURA 12: Tela do software sobre o Movimento Browniano.

movimento Browniano, criado por Luís Paulo Piassi para o projeto Interage (figura 12).

Na tela do programa são visualizadas as moléculas de água colidindo com uma minúscula partícula de pólen. Aciona-se uma determinada tecla e as moléculas desaparecem. Na tela estaria o pólen se movimentando dentro de um

quadro. Ele ricocheteia na parede e muda de direção aleatoriamente no meio do caminho, sem uma causa aparente para que isso aconteça. Quando a tecla como nome *moléculas* (a figura 12 é uma versão mais antiga do programa que não possuía essa tecla) é acionada, as moléculas de água entram em cena possibilitando a visualização da causa do movimento do pólen.

O objetivo da atividade com esse programa de computador seria a verificação da possibilidade dos alunos conseguirem descobrir porque o pólen se movimenta dentro do quadro, que representa uma porção de água. A atividade deve ser muito bem explicada. Utilizamos até um dicionário, para que o aluno não tivesse nenhuma dúvida sobre o significado de algumas palavras que fossem eventualmente desconhecidas. Num microscópio de pesquisa escolar ao lado do computador, colocamos uma pequena porção de água, mais ou menos duas gotas, numa lâmina de vidro para que uma micro partícula de pólen boiasse sobre a mesma. Transcrevemos abaixo o diálogo do entrevistador com os alunos:

_Olhe para o computador e imagine que você está vendo a imagem gerada pelo microscópio, igual a este aqui ao lado. Você estaria enxergando através das lentes do microscópio uma minúscula partícula de pólen se movimentar aleatoriamente sobre a água. Observe que a água que foi colocada em cima desta lâmina no microscópio ao lado. Não há mais que duas gotas de água aqui. A água está quente como a que sai de um chuveiro ligado na posição inverno, por exemplo. O pólen é bem leve e flutua sobre a água. Estamos fazendo de conta que você está enxergando o movimento do pólen sobre a água no microscópio nessa tela do computador. Nesse momento o entrevistador aponta para o círculo esverdeado que representa o pólen, assim como para a região da tela onde estaria a água.

Algumas dúvidas surgiram por parte dos alunos, mas não encontramos dificuldades solucioná-las rapidamente.

Depois da explicação, perguntamos o aluno:

_ Você pode explicar a causa desse movimento?

As respostas dos alunos, na maioria das vezes, foram bem curtas. Diziam apenas que não sabiam. De 20 alunos entrevistados apenas dois responderam a pergunta, associando a resposta à lembrança do modelo da teoria cinética dos gases apresentado na exposição. Um outro aluno chegou a dizer que era uma coisa que batia no pólen e gerava o movimento, mas não lembrava o nome. Os outros 17 alunos nem sequer tentaram responder.

Devemos analisar em cada tipo de avaliação os resultados obtidos. Do ponto de vista da segunda avaliação, a exposição valeu a pena em seus aspectos cognitivos. Se levarmos em conta porém a última avaliação, a exposição não obteve sucesso em seus propositos. Poderíamos concluir a partir disso que o ensino informal não trás grandes benefícios ao aluno para responder a problemas práticos? Afinal de contas eles se deram bem apenas diante da avaliação feita a partir dos experimentos que eles já haviam visto. Numa situação, onde a boa compreensão da teoria poderia levar uma resposta correta, os alunos não obtiveram sucesso nas respostas. A capacidade de solucionar um problema inédito seria, dentro das concepções de Vigotski, a melhor forma de avaliar a compreensão da teoria. Então nesse ponto de vista a exposição obteve sucesso em 15%.

Outro ponto de vista que deve ser levado em consideração é o fato da situação da avaliação não ter ficado clara para os alunos. A explicação não foi compreendida. Seu conteúdo poderia estar fora da zona de desenvolvimento proximal dos alunos. A situação não foi elucidada de maneira clara para que

pudesse ser dada uma resposta sobre ela. Essa versão não prejudicaria o conhecimento adquirido na exposição e sim a avaliação. Na apresentação do problema o entrevistador fala numa partícula suspensa num líquido quente, não num gás quente. Nós sabemos que o fenômeno físico é praticamente o mesmo para o movimento browniano observado num líquido ou gás, mas os alunos não sabem disso. O exemplo que eles poderiam utilizar para responder à pergunta (a exposição) falava de um gás e não de um líquido. Para definir melhor a situação, o entrevistador poderia ter falado mais sobre a exposição para quem não conseguiu dar nenhuma resposta.

Capítulo 4: Conclusão

Todos os testes da última pesquisa apontaram para uma grande dificuldade dos alunos: utilizar a teoria vista na exposição em situações novas, diferentes daquelas observadas durante as demonstrações. As mesmas considerações valem para as entrevistas realizadas com a ajuda do software computacional. Uma situação real foi apresentada para que os alunos aplicassem os conceitos que viram na exposição. Houve um baixo índice de acertos.

Inúmeras situações do cotidiano poderiam ser apresentadas para que os alunos tentassem explicar o modelo teórico visto na exposição. O êxito nas respostas dependeria dos alunos enxergarem as situações apresentadas como um sistema específico entre muitos outros; o que leva à consciência de suas operações.

Esse ideal de aprendizagem de modelos científicos poderia ser alcançado depois de sucessivas ações de ensino. Por meio de outros experimentos sobre o mesmo assunto, ou de outros recursos didáticos como a computação, vídeos, debates, entre outros. A exposição apresentada não possuía tantos recursos sobre um só tema, mas trabalha com uma infinidade deles. Portanto não está ao alcance de uma exposição científica, como a descrita nesse trabalho, levar um aluno de ensino médio a formas elevadas de compreensão de um modelo científico.

Apesar disso, a exposição contribuiu para o início de um desenvolvimento cognitivo. Na escola os alunos poderiam rever o conteúdo inicialmente abordado nas exposições. O professor poderia fazer uso de outros recursos para explicar melhor os modelos científicos e introduzir os alunos ao aprendizado dos conceitos científicos vinculados à exposição. Nas palavras de

Vigotski: “A disciplina formal dos conceitos científicos transforma gradualmente a estrutura dos conceitos espontâneos da criança e ajuda a organiza-los num sistema; isso promove a ascensão da criança para níveis mais elevados de desenvolvimento” [Vigotski, 1987]. O estudo de conceitos científicos como temperatura e pressão, por exemplo, inseridos no modelo utilizado para explicar alguns experimentos, podem ser abstraídos tendo como referência uma situação concreta, facilitando a aprendizagem.

As visitas a museus de ciência poderiam fazer parte do currículo escolar como um complemento ao ensino formal, já que as exposições científicas não são levadas às escolas. Os museus de ciência são ambientes de enriquecimento cultural de grande potencial a ser aproveitado pelos professores. O artigo de Janette Griffin e David Symington [Griffin e Symington, 1997] discute a importância de se vincular as visitas aos museus de ciência aos programas escolares. Esse trabalho nos mostra que pouco se faz nesse sentido, e que isso está diretamente relacionado à aprendizagem e ao interesse dos alunos pelo conteúdo das exposições. Os autores de outro artigo vão mais além, ao dizer que a aprendizagem dos conceitos abordados pelas exposições só se consolida fora dos museus [Anderson, Lucas, Ginns e Dierking, 2000].

Por outro lado, muitos alunos se saíram bem nos testes e entrevistas. Mas as respostas corretas não podem ser usadas como diagnóstico de que determinado aluno domina o conteúdo da exposição. A aprendizagem dos modelos científicos é um processo longo que não termina com a exposição. O aluno pode ter usado a linguagem corretamente para dar uma resposta, sem possuir domínio dos conceitos abordados nas explicações dos experimentos. Tivemos como objetivo ao aplicar questionários e realizar entrevistas,

demonstrar que a exposição cumpriu com seu papel de iniciar ou reforçar processos de aquisição de conhecimentos em Termodinâmica nos alunos.

Em relação às respostas corretas, de uma maneira geral, os alunos obtiveram mais sucesso quando o assunto foi a Teoria Cinética dos Gases. Quando o assunto das perguntas dos questionários ou entrevistas era o conteúdo de experimentos como a Locomotiva (*figura 5*) por exemplo, os resultados não chegam a mostrar respostas corretas ao menos na descrição dos mesmos. Isso se deve, em parte, à falta de uma explicação mais detalhada e abundante de recursos materiais. Esses experimentos cognitivamente mais pobres poderiam ser objeto de estudos posteriores em que fossem investigados individualmente. Muitos trabalhos em museus de ciência tem como objeto de estudo um único experimento ou exposições com até três experimentos [Borun, Massey e Lutter, 1993], [Roth, McRobbie, Lucas e Boutonné, 1997], [Falk, 1997], [Allen, 1997].

Vale lembrar também a importância dos monitores na exposição. A linguagem das respostas dos testes e entrevistas foi veiculada pelo monitor, sem o qual não se completaria o processo ensino-aprendizagem dos experimentos. Pode-se verificar isso, comparando o nível das respostas dos testes dadas antes e depois da exposição. A influência do discurso do monitor nas respostas dadas depois da visita é significativa. Gostaríamos de reforçar aqui a importância do treinamento dos monitores num museu de ciência, principio ao qual está amarrado o sucesso das exposições.

A segunda exposição foi montada de acordo com um diagnóstico que apontou erros no discurso dos monitores da Estação Ciência na pesquisa-piloto. A primeira pesquisa também foi útil para mostrar que o método de análise da aprendizagem era deficiente e poderia ser melhorado.

Os resultados da análise das respostas dos questionários e entrevistas da segunda exposição também podem servir de diagnóstico para a elaboração de exposição de termodinâmica. Esta exposição fictícia teria como referência às deficiências e acertos da segunda, que foram apontados nas entrevistas e nos questionários. A conclusão dos trabalhos dessa pesquisa não indicam que está tudo acabado, mas que ainda há muito que fazer. Com a montagem de uma nova exposição, levando-se em consideração os resultados dessa pesquisa, poderíamos realizar um trabalho mais completo de divulgação científica em Termodinâmica e avaliação.

Um artigo de Ramey-Gassert et al. [Ramey-Gassert et al., 1994] sugere que a avaliação em Museus deve buscar informações sobre comportamento e interesse dos visitantes, bem como da capacidade de comunicação das exposições, buscando mudanças, se necessário. Avaliações podem ser formativas ou somativas. As avaliações formativas visam o aprimoramento do design das exposições pela observação das reações dos visitantes, seguindo alguns procedimentos: a) preparação dos modelos; b) observação e teste das reações dos visitantes para comparação com possíveis expectativas ou metas; c) ajuste dos modelos; d) reteste dos modelos e e) incorporar o modelo bem sucedido para o design final. [Ramey-Gassert et al., 1994]

Ainda segundo Ramey-Gassert et al., a avaliação somativa ocorre depois que a exposição está pronta. Como as pessoas estão interagindo com a exposição, o que estão aprendendo e se o conteúdo da exposição está sendo aproveitado na escola ou no cotidiano dos visitantes; são alguns objetivos da avaliação somativa. A aplicação da avaliação somativa se dá através da observação da atenção dos visitantes na exposição, entrevistas, questionários e outras técnicas. [Ramey-Gassert et al., 1994]

Podemos concluir que a exposição evoluiu bastante da primeira para a segunda pesquisa. Mas, para que a exposição de termodinâmica fizesse parte de um Museu, ela necessitaria de uma nova reformulação. E, de tempos em tempos, novos testes deveriam ser aplicados para que a exposição fosse sempre atualizada, num processo de avaliação contínua.

Anexo : Análise Estatística dos dados:¹

1- Introdução:

Utilizamos para esta análise o método da Análise de Variância [Lewis,1995], por sugestão do Professor Fernando Lang da Silveira. A Análise de Variância se mostrou eficaz na compreensão dos fatores que influenciaram nossos resultados.

O tratamento estatístico dos dados em nossa pesquisa é essencial. A simples comparação das médias das respostas corretas dadas pelos alunos em nosso teste, antes e depois de passarem pela exposição (*figura 9*), não é suficiente para que possamos tirar conclusões precisas sobre os resultados. O simples aumento da média de respostas corretas no segundo teste, em relação ao primeiro, pode ser um indicador de que houve aprendizado por parte dos alunos ao passarem pela exposição. Mas como poderíamos saber se tal número é significativo, ou seja, não pode ser atribuído ao acaso? Poderíamos então atribuí-lo à escolaridade dos alunos ou ao momento em que o teste foi respondido? A resposta a essas perguntas pode ser obtida pelo tratamento estatístico dos dados em questão.

2.2 – Análise de Variância:

Consideramos inicialmente uma variável que chamamos TOTAL, designada para representar o número de respostas corretas dadas na pesquisa. O objetivo desta análise é verificar se a variável TOTAL pode ser explicada, ou

¹ Trabalho realizado com a colaboração do Professor Fernando Lang da Silveira, da UFRGS.

de que forma está relacionada, com um ou mais fatores. Esses fatores são: a) O momento em que o teste foi respondido (variável MOMENTO), que teve dois níveis (antes e depois). b) O grau de escolaridade do sujeito (variável ESCOLARIDADE), que teve cinco níveis (7^a série, 8^a série, 1^o colegial, 2^o colegial e supletivo 2^o Grau). Analisaremos também o poder explicativo da interação ESCOLARIDADE*MOMENTO.

O poder explicativo de cada fator, ou da interação entre eles, será medido pela sua *significância estatística* em relação ao número de respostas corretas. Isto é, saberemos se os fatores e a variável TOTAL estão realmente relacionados, ou os resultados da pesquisa podem ser atribuídos ao *acaso*.

Para elaborar os cálculos, consideremos os dados referentes ao número de respostas corretas separados por escolaridade e momento (antes e depois de passarem pela exposição), que estão na tabela 1.

Aluno	Escolaridade	Antes	Depois
1	7 ^a série	4	5
2	7 ^a série	3	6
3	7 ^a série	2	6
4	7 ^a série	4	5
5	7 ^a série	6	4
6	7 ^a série	4	5
7	7 ^a série	4	5
8	7 ^a série	5	7
9	7 ^a série	5	6
10	7 ^a série	3	6
11	7 ^a série	6	6

Continuação da tabela 1...

Aluno	Escolaridade	Antes	Depois
12	7ª série	3	1
13	7ª série	5	5
14	7ª série	5	6
15	7ª série	5	6
16	7ª série	6	7
17	7ª série	6	5
18	7ª série	1	5
19	7ª série	6	6
20	8ª série	3	4
21	8ª série	6	7
22	8ª série	5	6
23	8ª série	7	6
24	8ª série	5	8
25	8ª série	2	3
26	8ª série	7	7
27	8ª série	5	6
28	8ª série	7	8
29	8ª série	7	4
30	8ª série	3	4
31	8ª série	4	5
32	8ª série	7	7
33	8ª série	5	4
34	8ª série	5	7
35	8ª série	5	6
36	8ª série	2	4
37	8ª série	2	4
38	8ª série	6	6
39	1º colegial	7	7
40	1º colegial	4	7
41	1º colegial	3	7
42	1º colegial	3	6
43	1º colegial	3	6
44	2º colegial	3	7
45	2º colegial	3	5
46	2º colegial	8	7

Continuação da tabela 1 ...

<i>Aluno</i>	<i>Escolaridade</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
47	2º colegial	8	7
48	2º colegial	5	7
49	2º colegial	6	8
50	2º colegial	4	7
51	2º colegial	3	6
52	2º colegial	7	7
53	Supletivo	5	7
54	Supletivo	8	5
55	Supletivo	4	5
56	Supletivo	5	5
57	Supletivo	6	7
58	Supletivo	5	8
59	Supletivo	6	5
60	Supletivo	6	5
61	Supletivo	5	6
62	Supletivo	3	7
63	Supletivo	5	5
64	Supletivo	5	6
65	Supletivo	7	6
66	Supletivo	5	6
67	Supletivo	4	7
68	Supletivo	6	5

TABELA 1

Em relação à tabela 1, calculamos inicialmente o valor da média para a soma total dos escores², sem levar os níveis em consideração. De cada escore subtraímos o valor dessa média, e obtivemos a discrepância dos escores em relação a média. Elevando cada discrepância ao quadrado e somando-as,

² *Escore é o aportuguesamento da palavra inglesa "score", que significa pontuação.*

obtemos a soma total dos quadrados (*tabela 2*), que representa uma medida da variação existente entre os escores independentemente da repartição em níveis.

Procedemos de maneira idêntica em outras duas situações: a) Na soma dos quadrados das discrepâncias em relação à média dos escores em cada nível de escolaridade, para os valores referentes aos dois momentos de testagem (antes e depois). b) Na soma dos quadrados das discrepâncias em relação às médias dos escores da variável MOMENTO, calculadas separadamente para os valores anteriores e posteriores à visitação (*tabela 2*).

Variável	Soma dos Quadrados
<i>TOTAL</i>	320,757
<i>MOMENTO</i>	45,070
<i>ESCOLARIDADE</i>	18,999

TABELA 2

Imaginemos agora uma divisão dos dados da *tabela 1* em células, para que possamos dar continuidade aos cálculos. Cada célula seria formada pelos dados referentes a um nível de escolaridade, num momento de testagem. Por exemplo, na célula 1 teremos os números de respostas corretas obtidas de cada aluno de 7^a série antes de visitarem a exposição. Na prática dividiremos a *tabela 1* em dez partes.

Efetuada a soma dos quadrados das discrepâncias dos escores em relação a média de cada célula, e somando-os, obtemos o valor da soma dos quadrados *entre* as células. Se subtrairmos desse valor a adição da soma dos quadrados das variáveis MOMENTO e ESCOLARIDADE, obtemos a soma dos quadrados da *interação* ESCOLARIDADE*MOMENTO. Se subtrairmos

da soma total dos quadrados (tabela 2) a soma dos quadrados entre as células, obteremos a soma dos quadrados das discrepâncias *dentro* das células³ (tabela 3).

	Soma dos quadrados
Entre as células	65.334
Dentro das células	255,423
ESCOLARIDADE*MOMENTO	1,265

TABELA 3

Nas tabelas 2 e 3 apresentamos a soma dos quadrados para diferentes amostras. Cada amostra possui um número definido de dados. Então, “numa determinada amostra de n dados, $(n-1)$ dados poderiam ter seus valores modificados sem alteração do total, desde que um ajuste adequado fosse feito no dado remanescente” [Lewis, 1995]. Os $n-1$ dados de cada amostra representam seus *graus de liberdade*. “Dividindo uma soma de quadrados pelos correspondentes graus de liberdade, o resultado é uma *estimativa de variância*” [Lewis, 1995] (tabela 4).

Considerando a variância para a soma dos quadrados dentro das células, pode-se admitir que esse número represente uma “uniformidade” dos escores dos alunos. É uma variância comum a todos os alunos, como se tivessem obtido o mesmo escore antes e depois de passarem pela exposição.

³ “Em termos práticos, a soma dos quadrados entre as células é a parcela da soma total dos quadrados que pode ser explicada pela ação dos tratamentos (no presente caso a passagem pela exposição de Termodinâmica). A soma dos quadrados dentro das células é a parcela da soma total que é explicada pela interferência de outras causas (inteligência, conhecimentos anteriores, ansiedade, etc.). Por essa razão a soma dos quadrados dentro das células é também chamada de erro ou residuo.” [5]

Se, por exemplo, a variância estimada da soma dos quadrados entre as células fosse igual à variância dentro das células, poderia ser dito que a estimativa referente às médias dos escores em cada célula também indicaria que a exposição não modificou em nada os conhecimentos de Termodinâmica dos alunos que visitaram a Estação Ciência. A estatística que responde se uma estimativa de variância tem tamanho tal para que se rejeite, como pouco razoável, a hipótese da igualdade entre as médias de escores, decorrente de qualquer fator, é a razão denominada F. Essa razão, assim chamada em homenagem a Sir Ronald Fisher, diz respeito à divisão de cada estimativa de variância que calculamos pela estimativa de variância dentro das células (tabela 4).

	Graus de liberdade	Estimativa de variância	F calculado	F tabelado
Entre as células	9	7,259	3,581	1,75
Dentro das células	126	2,027		
TOTAL	135			
ESCOLARIDADE	4	4,750	2,343	3,370
MOMENTO	1	45,070	22,233	3,840
ESCOLARIDADE/ MOMENTO	4	2,317	1,143	3,370

TABELA 4

Se o F calculado excede o valor constante tabelado, pode-se dizer que determinada variável é significativa ao nível de 5%, que o valor de α da tabela consultada. Elegemos então um nível crítico de significância igual a 5%.

Na tabela 5 temos o valor da significância para cada variável e do número ETA, que representa quanto da variância da variável dependente é explicada pelos fatores.

	significância	ETA
Entre células	,001	,204
ESCOLARIDADE	,058	,069
MOMENTO	,000	,150
MOMENTO/ ESCOLARIDADE	,339	,035

TABELA 5

Na primeira linha da tabela temos a significância para os fatores escolaridade e momento em conjunto. Como essa probabilidade é baixa (0,1%), pode-se crer que aos dois fatores em conjunto estão relacionados com a variável dependente. Como o nível crítico de significância é 5%, descartaremos os fatores interação MOMENTO/ESCOLARIDADE, e o fator ESCOLARIDADE. Apesar da significância da escolaridade ser quase igual a 5% (5,8%), atribui-se tal fator ao acaso.

Uma comparação entre a média de acertos antes da visitação (4,895) e depois (5,939), mostra que houve um aumento na média de acertos de 1,044. Este valor, apesar de pequeno, não pode ser atribuído ao acaso. O principal fator que explica tal aumento é o momento de testagem (variável MOMENTO), com uma significância de 0%.

A conclusão que se pode chegar frente aos dados mostrados acima, é que a visita à exposição de Termodinâmica é a responsável pelo crescimento no

BIBLIOGRAFIA:

- [1] – TEIXEIRA, O.P.B.- *Desenvolvimento do conceito de calor e temperatura*, São Paulo, tese de doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1992.
- [2] – SILVA, D.- *Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura*, São Paulo, tese de doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1995.
- [3] – SILVEIRA, F.L.; MOREIRA, M.A.- *Validacion de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energia interna*, Revista Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, 1996, 14(1), 75-86.
- [4] – GASPAR, A.- *Museus e Centros de Ciências – Conceituação e Proposta de um Referencial Teórico*, São Paulo, tese de doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1993.
- [5] – LEWIS, D.G.- *Análise de Variância*, Ed. Harbra, 1995.
- [6] – VIGOTSKI, L.S.- *Pensamento e linguagem*, Ed. Martins Fontes, 1987.
- [7] - BORUN, M.; MASSEY, C.; LUTTER, T.- *Naive knowledge and the design of science museum exhibits*, Curator, 1993, 36/3, 201-219.

[8] – GOUVEIA, G.; MARANDINO, M.- *Paradigmas em exposições de museus de ciência e tecnologia*, Atas do VI EPEF, de 26 a 30 de Outubro de 1998, Florianópolis- S.C.

[9] – CRONBACH, Lee J.- *Coefficient Alpha and the internal structure of tests*, *Psychometrica*, 1951, vol.16, nº3, 297-334.

[10] – *Parâmetros Curriculares Nacionais / Ensino Médio – MEC*

[11] – *Proposta curricular para o ensino de física 2º Grau*, Secretaria de Estado da Educação – CENP, São Paulo, 1992.

[12]- – GASPAR, A.; HAMBURGER, E. W.- *Museus e centros de ciências – conceituação e proposta de um referencial teórico*- In: NARDI, R., org.- *Pesquisas em ensino de Física*, Ed. Escrituras, São Paulo, 1998.

[13] – *Projecto física, Unidade 3*, Fundação Calouste Gulbenkian.

[14] – *Leituras de física (versão preliminar)*, *Física Termica*, GREF.

[15] - FALK, John H.- *Testing a Museum exhibition design assumption: Effect of explicit labeling of exhibit clusters on visitor concept development*, *Science Education*, 1997, vol.81, 679 – 687.

[16] – CAZELLI, S. et. al.- *Aprendizagem em museus de ciências e tecnologia sob o enfoque dos modelos mentais*, Atas do VI EPEF, de 26 a 30 de Outubro de 1998, Florianópolis- S.C.

[17] - FALK, J.H.; MOUSSOURI, T.; COULSON, D.- *The effect of visitors' agendas on museum learning*, Curator, 1995, vol.41, nº2, 107-121.

[18] – ASTC (Association of Science and Technology Centers) *What Research Says about Learning in Science Museums*, 1990.

[19] – GRIFFIN, J.; SYMINGTON, D.- *Moving from Task-Oriented to Learning-Oriented Strategies on School Excursions to Museums*, Science Education, 1997, vol.?, 763 - 779.

[20] – ANDERSON, D.; LUCAS, K. B.; GINNS, I. S.; DIERKING, L. D. – *Development of Knowledge about Electricity and Magnetism during a Visit to a Science Museum and Related Post-Visit Activities*, Science Education, 2000, vol.?, 658 - 679.

[21] – SHEPARDSON, D. P. – *Learning Science in a First Grade Science Activity: A Vygotskian Perspective*, Science Education, 1999, vol.?, 621 – 638.

[22] – ALLEN, S. – *Using Scientific Inquiry Activities in Exhibit Explanations*, Science Education, 1997, vol.?, 717 – 734.

- [23] – MAURÍCIO, L. A. – *Centros de Ciências: Origens e Desenvolvimento – uma Reflexão sobre o seu Papel e Possibilidades dentro do Contexto Educacional*, São Paulo, dissertação de mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1992.
- [24] – ROTH, W. M.; McROBBIE, C. J.; LUCAS, K. B.; BOUTONNÉ, S. – *Why May Students Fail to Learn from Demonstrations? A Social Practice Perspective to Learning in Physics*, *Journal of Research in Science Teaching*, 1997, vol. 34, nº5, 509-533.
- [25] – FALK, J. H. – *A Note from the Guest Editor, Assessing the Impact of Museums*, In: *Curator*, 2000, vol. 43, nº1.
- [26] – PERSSON, P. E. – *Community Impact of Science Centers: Is There Any?*, *Curator*, 2000, vol. 43, nº1, 9-17.
- [27] – WEIL, S. E. – *The Museum and the Public*, *Museum Management and Curatorship*, 1997, vol. 18, nº3, 257-271.
- [28] – RAMEY-GASSERT; WALBERG, J. H. – *Reexamining Connections: Museums as Science Learning Environments*, *Science Education*, 1994, vol. 78, nº4, 345-363.
- [29] – GASPAR, A. – *A Educação Formal e a Educação Informal em Ciências*, In: MASSANI, L.; MOREIRA, I.; BRITO, F. – *A Divulgação Científica no Brasil* (título provisório), Casa da Ciência, Rio de Janeiro, 2002.

[30] – MRECH, Leny Magalhães – *Psicanálise e Educação – Novos Operadores de Leitura*, Ed. Pioneira, São Paulo, 1999.