

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**A AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS PROPORCIONANDO
DISCUSSÕES CONCEITUAIS NA FÍSICA TÉRMICA
DO ENSINO MÉDIO**

DENISE BORGES SIAS



Porto Alegre

2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**A AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS PROPORCIONANDO
DISCUSSÕES CONCEITUAIS NA FÍSICA TÉRMICA
DO ENSINO MÉDIO***

DENISE BORGES SIAS

Dissertação realizada sob a orientação da Profa. Dra. Rejane Maria Ribeiro Teixeira e apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre
2006

* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Às pessoas que, de uma maneira especial,
contribuíram para esta realização:

meu marido e grande companheiro Uilson,
meus pais Dilma e Fernando e,
meu irmão Fabrício.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

- a minha orientadora Rejane Maria Ribeiro Teixeira pela dedicada e competente orientação;
- à professora Eliane Veit pelo incentivo e discussões referentes ao uso de novas tecnologias;
- ao professor Fernando Lang da Silveira pelas discussões sobre experimentos, pela ajuda na análise estatística e pela cedência do artigo trabalhado com os alunos;
- às professoras Marília F. Thomaz e Izabel M. Malaquias da Universidade de Aveiro, Portugal, pela cedência do teste sobre concepções intuitivas;
- à direção do CEFET-RS pelo apoio constante na realização deste trabalho;
- aos colegas, professores de Física do CEFET-RS, pela colaboração durante a realização deste curso, principalmente aos coordenadores Gládis M. B. Nogueira, Idílio M. B. Victória e João Carlos N. Badia por facilitar as condições para que esta proposta fosse implementada;
- aos alunos das turmas 104 e 125 do ensino médio do CEFET-RS, ano letivo de 2005, que participaram intensamente desta experiência didática;
- aos familiares e amigos pelo incentivo.

RESUMO

Diante dos problemas vivenciados no ensino da Física cabe ao professor a tarefa de tentar combater as dificuldades de seus alunos, proporcionando-lhes experiências de aprendizagem eficazes, procurando atualizar, tanto quanto possível, os instrumentos pedagógicos que utiliza. Considerando a especificidade experimental da Física, a realização de atividades de laboratório faz-se de grande importância. Porém, uma reflexão a respeito de como utilizar tais atividades é necessária para que possam realmente contribuir para uma aprendizagem significativa. Nesta busca, a utilização da aquisição automática de dados através de dispositivos do tipo CBL (do inglês *Calculator Based Laboratory*) pode, sem dúvida, trazer grande contribuição. Aliando-se à grande potencialidade do uso destes dispositivos, à inexistência de trabalhos divulgados envolvendo seu uso no ensino de Física no Brasil e, finalmente, ao fato deste ser um equipamento adquirido recentemente pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas, instituição na qual este trabalho foi desenvolvido, optou-se por propor nesta dissertação a utilização de tais equipamentos em laboratório didático de Física Térmica no ensino médio. Dentre os assuntos abordados cita-se: calor, temperatura e energia interna; resfriamento de um corpo; mudança de estado físico e pressão de vapor; transmissão do calor. Alguns destes assuntos não são normalmente abordados no ensino médio, como a lei de resfriamento e análise da curva de pressão de vapor. Outros tópicos levam a uma maior contextualização da Física, como umidade relativa do ar e formação de geada. Esta proposta é fundamentada pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e pela teoria da interação social de Lev Vigotski. Através desta experiência de implementação em aulas regulares de ensino médio, espera-se verificar a possibilidade de sua utilização neste nível de ensino. Como produto deste trabalho de dissertação, foi produzido material instrucional que compreende guias experimentais e textos envolvendo os conteúdos abordados, assim como material hipermídia sobre transmissão do calor contendo algumas animações e teste interativo desenvolvidos em Flash MX. Todo este material foi concebido e implementado buscando levar o aluno a uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos.

Palavras-chave: Física térmica. Aquisição automática de dados. Sistema CBL. Teorias da aprendizagem significativa e da interação social.

ABSTRACT

In order to face the everyday problems in the physics instructing, the teacher has the task of finding ways to overcome the difficulties by providing their students with efficacious learning experiences and updating, as much as possible, the pedagogic tools employed by him. Considering the experimental specificity of Physics, the inclusion of experimental activities may be a very important way to motivate students. However, a careful consideration for how such activities can be applied is needed in order to actually contribute to a meaningful learning. In this sense, the use of the automatic data acquisition by means of devices like CBL (Calculator Based Laboratory) undoubtedly can be of great help. The great potentiality of employing such devices, together with the nonexistence of works reporting the use of a such technology in the Brazilian physics teaching and the fact that this kind of devices has been recently acquired by the Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (Federal institution where this work was applied), compose the main motivation to propose the use of such devices in the thermal physics laboratory classes at a high school level. Among the worked subjects one can mention: heat, temperature, internal energy, body cooling rate, matter phase changes and vapor pressure, heat transfer and so on. Some of these issues, like Newton's law of cooling and vapor pressure curve analysis, not usually presented in our high school, are studied here. Other topics, like air relative humidity and frost formation, are included to provide a major physics contextualization. This proposal is based on the David Ausubel's meaningful learning theory and the Lev Vigotski's social interaction theory. By carrying out this experience in high school regular classes we hope to check its would-be use in this level of teaching. As a final result of this work an instructional material, which consists of experimental guides and texts concerning the studied subjects, has been produced. In addition, hypermedia materials about heat transfer enclosing some Flash MX animations and interactive test also have been produced. All this material has been conceived and implemented with the aim to enhance the students' meaningful learning of physics concepts.

Keywords: Thermal physics. Automatic data acquisition. CBL system. Meaningful learning and social interaction theories.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA	06
2.1. A importância do laboratório no ensino de Ciências	06
2.2. A utilização da aquisição automática de dados através de sistemas do tipo CBL	08
2.3. Referenciais teóricos para atividades de laboratório	10
2.4. Tópicos de Física mais explorados em atividades de laboratório	11
CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1. A Teoria de David Ausubel	12
3.2. A Teoria de Lev Vigotski	15
CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL INSTRUCIONAL	19
4.1. Contexto	19
4.2. Conteúdos abordados	23
4.3. Material elaborado	23
4.3.1. <u>Questionários</u>	24
4.3.2. <u>Teste de Concepções Prévias</u>	24
4.3.3. <u>Material Instrucional</u>	25
CAPÍTULO 5 - IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA	38
5.1. Perfil das turmas	38
5.2. Relato das atividades desenvolvidas	41
CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
6.1. Análise estatística dos resultados obtidos na aplicação do pré-teste e do pós-teste ..	59
6.2. Comparação entre os resultados obtidos em cada questão no pré-teste e no pós-teste	61
6.3. A opinião dos alunos	69
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	75

REFERÊNCIAS	80
APÊNDICES	84
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO PARA CARACTERIZAÇÃO DAS TURMAS.....	85
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA.....	87
APÊNDICE C – TESTE DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS.....	89
APÊNDICE D – TEXTOS DE APOIO.....	93
D.1. INTRODUÇÃO: ENERGIA.....	94
D.2. ENERGIA INTERNA, CALOR, TEMPERATURA.....	97
D.3. EQUILÍBRIO TÉRMICO.....	99
D.4. TERMÔMETROS.....	100
D.5. CALOR SENSÍVEL: CALORIMETRIA.....	104
D.6. RESFRIAMENTO DE UM CORPO.....	109
D.7. MUDANÇA DE ESTADO FÍSICO, PRESSÃO DE VAPOR.....	117
APÊNDICE E – GUIAS EXPERIMENTAIS.....	131
E.1. EQUILÍBRIO TÉRMICO.....	132
E.2. SENSAÇÃO TÉRMICA X TEMPERATURA.....	134
E.3. TERMÔMETROS.....	135
E.4. CALOR SENSÍVEL: CALORIMETRIA.....	138
E.5. RESFRIAMENTO DE UM CORPO.....	141
E.6. CALOR ESPECÍFICO.....	144
E.7. MUDANÇA DE ESTADO FÍSICO.....	147
E.8. CALOR LATENTE DE FUSÃO.....	149
E.9. RESFRIAMENTO DA ÁGUA EM UM RECIPIENTE DE CERÂMICA.....	152
E.10. PRESSÃO DE VAPOR.....	156
E.11. MEDINDO A UMIDADE RELATIVA.....	160
E.12. FORMAÇÃO DE GEADA.....	162
E.13. REFLEXÃO E ABSORÇÃO DA LUZ.....	164
E.14. CORRENTES DE CONVECÇÃO.....	168
E.15. SISTEMA CBL.....	170

APÊNDICE F – DADOS RELACIONADOS À ANÁLISE ESTATÍSTICA	175
F.1. TABELA DE RESULTADOS INDIVIDUAIS DO PRÉ E DO PÓS-TESTE.....	176
F.2. COMPARAÇÃO ENTRE OS ESCORES TOTAIS MÉDIOS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE.....	177
APÊNDICE G – CD-ROM.....	178
APÊNDICE H – PUBLICAÇÕES E/OU APRESENTAÇÕES.....	180
ANEXO – TRANSIÇÕES DE FASE E EXPERIMENTOS COM ESTADOS METAESTÁVEIS.....	182

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

É fato conhecido que o Ensino de Física passa por dificuldades: o aluno não relaciona a Física que lhe é apresentada na sala de aula com o seu dia-a-dia, muitas vezes associa a disciplina a um tipo de "matemática mais complicada", não conseguindo alcançar o nível de abstração necessário. Todas essas dificuldades são refletidas nas avaliações nesta disciplina, onde usualmente o número de reprovações é grande.

É comum os alunos não gostarem da Física, apresentando tanta dificuldade em seu aprendizado que muitas vezes acabam por abandonar a possibilidade de entendimento, buscando a memorização dos conteúdos. A compreensão do porquê deste quadro e a busca por proporcionar uma aprendizagem significativa, é uma tarefa bastante difícil.

Muitos conteúdos abordados envolvem fenômenos físicos já vivenciados pelos alunos em seu dia-a-dia, embora eles muitas vezes não façam essa associação. Em função disso, é inevitável que eles carreguem certas concepções intuitivas, conhecimentos prévios cientificamente incorretos acerca de tais fenômenos. Portanto, se o aluno não tiver uma boa motivação e começar decorando conceitos sem entendê-los, seu insucesso na disciplina tenderá a aumentar progressivamente de um conteúdo para outro, propagando-se nos subsequentes níveis escolares.

Ao professor de Física cabe a tarefa de procurar combater as dificuldades de seus alunos, proporcionando-lhes experiências de aprendizagem eficazes, procurando atualizar, tanto quanto possível, os instrumentos pedagógicos que utiliza.

Levando em conta a especificidade experimental da Física, a realização de atividades de laboratório assume grande importância. Entretanto, é necessário refletir um pouco a respeito de como utilizar tais atividades de forma que possam realmente contribuir para uma aprendizagem significativa. Realizar experiências em que o aluno permaneça a maior parte do tempo coletando dados, construindo tabelas e gráficos sem ter uma preocupação maior em explorar conceitualmente o fenômeno em estudo e, no final de tudo, acabar concluindo o que

ele já sabe que o professor quer que ele conclua, certamente não contribui para o ensino de Física que se deseja atualmente.

Na busca por um laboratório mais eficiente para o ensino de Física, a utilização da aquisição automática de dados pode, sem dúvida, contribuir muito. Desse modo, através da utilização de sensores e de *softwares* apropriados, o aluno tem a possibilidade de medir em tempo real grandezas como temperatura, pressão, força, velocidade, aceleração, etc. Uma das vantagens deste sistema é que os dados coletados já lhe são apresentados em forma de gráficos e/ou tabelas, liberando o aluno deste trabalho muitas vezes maçante. Com isso, resta um tempo maior para que ele possa se dedicar à exploração e entendimento do fenômeno em estudo.

É possível encontrar na literatura relatos positivos da utilização da aquisição automática de dados no ensino de Física. Em periódicos editados fora do Brasil, pode-se encontrar relatos, muitas vezes entusiasmados, sobre o uso de dispositivos de aquisição automática de dados do tipo CBL¹ (e.g. THORNTON (1987)). Aliando-se à grande potencialidade do uso destes dispositivos, à inexistência de trabalhos divulgados envolvendo seu uso no ensino de Física no Brasil e, finalmente, ao fato deste ser um equipamento adquirido recentemente pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas², CEFET-RS, optou-se por propor neste trabalho de mestrado a utilização de tais dispositivos. Esta proposta refere-se, então, ao uso de dispositivos do tipo CBL em laboratório didático de Física no ensino médio buscando, através de guias experimentais elaborados, a promoção de discussões conceituais a cerca de fenômenos físicos relacionados à Física Térmica. A implementação dessa proposta é fundamentada pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e pela teoria da interação social de Lev Vigotski.

A intenção é verificar a utilização destes dispositivos em aulas normais com turmas regulares, pois somente desta forma pode-se ter uma noção real da possibilidade de implementação desta tecnologia. Como é sabido, a utilização da aquisição automática de dados no laboratório de Física no ensino médio não é uma realidade em nossas escolas. Dessa forma, espera-se, através desta experiência de implementação em aulas regulares de ensino médio, contribuir para a verificação da possibilidade de sua utilização neste nível de ensino.

¹ CBL, do inglês *Calculator Based Laboratory*, em português significa Laboratório Baseado em Calculadora. Este dispositivo é produzido pela empresa Texas Instruments.

² Instituição na qual foi desenvolvido este projeto.

A expectativa é de que em uma atividade experimental com a utilização destes dispositivos, o aluno possa se envolver mais com a realização do experimento, buscando compreender o porquê do professor ter sugerido determinada montagem experimental. Por outro lado, um tempo maior pode ser dedicado pelos alunos à análise e à compreensão dos resultados obtidos.

O fato de o aluno acompanhar a construção do gráfico pronto torna-se interessante, pois, dependendo da situação, se ficar por conta dele anotar os dados e construir o gráfico, como acontece na coleta manual, é bem provável que surjam gráficos representando as mais variadas funções. Determinar corretamente a função matemática que representa fisicamente os dados coletados pode ser uma tarefa complicada para os alunos, podendo ser um processo demorado, pois muitas vezes, mesmo no ensino médio, os alunos ainda possuem pouca afinidade com as funções matemáticas. Frequentemente, o professor acaba dizendo ao aluno o tipo de traçado que deve ser encontrado e ele aceita mesmo sem compreender muito bem a razão de tal escolha. Recebendo o gráfico traçado em tempo real, como é possível através do uso do sistema CBL, o estudante poderá então dedicar seu tempo à análise dos resultados, procurando entender de que forma ocorrem as variações das grandezas físicas envolvidas. Acredita-se que uma análise qualitativa da dependência entre as grandezas físicas envolvidas seja muito mais esclarecedora do que simplesmente relacionar o gráfico a uma função.

Levando em consideração o grande potencial da aquisição automática de dados no laboratório de Física, juntamente com a existência de poucos relatos envolvendo sua utilização no ensino de Física Térmica, optou-se por desenvolver atividades nesta área de estudo. Na verdade, mesmo sem o uso de novas tecnologias, a Física Térmica é uma área da Física pouco explorada experimentalmente, embora muito rica para este tipo de abordagem. O fato dos experimentos nesta área normalmente serem demorados, exigindo paciência e concentração na coleta de dados, e a dificuldade em obter resultados precisos contribui para este cenário.

Como produto deste trabalho de mestrado foi produzido material instrucional que compreende guias experimentais e textos envolvendo conteúdos tais como: calor, temperatura e energia interna; resfriamento de um corpo; mudança de estado físico e pressão de vapor, etc.. Alguns destes assuntos não são normalmente abordados no ensino médio, como a lei de resfriamento e análise da curva de pressão de vapor. Outros tópicos levam a uma maior contextualização da Física, como umidade relativa do ar e formação de geada. Foi produzido

também material hipermédia sobre transmissão do calor contendo algumas animações e teste interativo desenvolvidos em Flash MX. Todo este material foi concebido buscando levar o aluno a uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos. Desta forma, ao introduzir conceitos importantes como, por exemplo, equilíbrio térmico, calor específico e pressão de vapor, são propostos experimentos com a intenção de facilitar tanto a aquisição de seus significados pelos alunos, quanto confrontar as concepções prévias destes com o fenômeno em estudo. Conforme pode ser verificado no Apêndice D, em algumas vezes os textos produzidos trazem gráficos e conclusões obtidas pela vivência dos próprios alunos durante a realização de experimentos em sala de aula. Enfim, procura-se dar condições para que o aluno tenha uma maior compreensão e envolvimento com a Física, evitando assim a simples aprendizagem mecânica de conteúdos.

De forma complementar é feita também a utilização de alguns artigos relacionados aos assuntos estudados, publicados em sítios ou periódicos voltados ao ensino de Física, que normalmente não fazem parte da leitura usual dos alunos. Assim pretende-se proporcionar uma maior contextualização da Física estudada, além de despertar o aluno para este tipo de leitura.

Seguindo a teoria da interação social de Vigotski, é estimulado o trabalho em grupo. Aposta-se na riqueza promovida pela interação nos grupos de alunos em torno de experimentos e situações envolvendo fenômenos em estudo. Utilizando esta forma de trabalho espera-se, através da troca de significados entre os diferentes membros de um grupo, facilitar a obtenção dos significados cientificamente corretos pelos alunos. Neste processo o professor deixa de ter um papel central de detentor e transmissor do conhecimento e passa a ser um organizador de idéias, sendo um orientador fazendo com que os alunos sejam mais ativos no processo de ensino-aprendizagem.

Com a intenção de verificar as concepções prévias e a evolução conceitual dos alunos em relação aos conteúdos abordados, foi elaborado um teste, aplicado antes da implementação da proposta na forma de pré-teste, e após sua aplicação, como um pós-teste. A avaliação desta proposta também foi realizada através de observações e de questionário respondido pelos alunos.

A seguir, no capítulo 2 desta dissertação é apresentada uma revisão da literatura a respeito tanto do uso de dispositivos de aquisição automática de dados, quanto de atividades

de laboratório. Este capítulo destaca aspectos importantes que serviram de motivação para realização deste trabalho. No capítulo 3 são apontados os aspectos principais das teorias de aprendizagem que orientaram o desenvolvimento deste trabalho. A apresentação da metodologia utilizada no desenvolvimento do material instrucional ocorre no capítulo 4. No capítulo 5, é apresentado o relato sobre a implementação da proposta. No capítulo 6 é mostrada uma análise estatística comparando os resultados da aplicação do pré-teste, para avaliação de concepções prévias dos alunos, com aqueles obtidos da aplicação do pós-teste. Também é apresentada a avaliação dos alunos referente à aplicação da proposta, obtida a partir de um questionário. Finalmente, no capítulo 7 são feitas as considerações finais.

Todo material produzido e utilizado encontra-se em Apêndices e Anexo desta dissertação, assim como está disponível em sítio na Internet.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão da literatura busca abordar os principais aspectos relacionados ao ensino de Física com utilização de atividades experimentais.

As referências citadas neste capítulo foram enquadradas em 4 categorias: 2.1. A importância do laboratório no ensino de ciências; 2.2. A utilização da aquisição automática de dados através de sistemas do tipo CBL; 2.3. Referenciais teóricos para atividades de laboratório; e 2.4. Tópicos de Física mais explorados em atividades de laboratório.

A análise dos aspectos acima citados teve uma grande contribuição na motivação e no embasamento para o desenvolvimento do presente trabalho.

2.1. A importância do laboratório no ensino de Ciências

O início desta revisão de literatura será feito analisando a situação atual do laboratório no ensino de ciências. Em (ARAÚJO; ABIB, 2003), os autores fazem uma análise das publicações envolvendo atividades experimentais entre 1992 e 2001 em periódicos nacionais. Nesta pesquisa foram utilizados a Revista Brasileira de Ensino de Física, a Revista Física na Escola e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física e, segundo os autores, seu resultado mostra que a experimentação continua sendo um assunto de grande interesse de pesquisadores da área, apresentando uma ampla gama de enfoques e finalidades no ensino de Física. Pode-se verificar a importância do uso de atividades experimentais, constatada nesta pesquisa, citando uma parte do texto relacionado às conclusões:

De um modo geral, independente da linha ou modalidade adotada, constata-se que todos os autores são unânimes em defender o uso de atividades experimentais, podendo-se destacar dois aspectos fundamentais pelos quais eles acreditam na eficiência desta estratégia: a) Capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem. b) Tendência em propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que

sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência.

Através de relatos que incentivam o uso de atividades experimentais no ensino de Física, estas são vistas como uma das maneiras de tentar amenizar as dificuldades encontradas e tornar a aprendizagem desta disciplina mais eficaz. Entretanto, sabe-se que a prática deste tipo de atividade não é comum na maioria das escolas de nível básico. Os motivos normalmente levantados são a falta de material de laboratório, o número cada vez mais reduzido de aulas semanais ou falhas na formação dos professores de Física.

Algumas críticas feitas às atividades práticas no ensino de ciências se referem ao fato de que a maior parte do tempo disponível acaba sendo consumido na montagem de equipamentos e na coleta de dados onde os alunos acabam obtendo respostas já esperadas. Desse modo, é dedicado pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada. (BORGES, 2002, p.296).

Segundo Borges,

Outras alternativas que têm o potencial de propiciar aos estudantes atividades relevantes e motivadoras, que os desafiem a utilizar suas habilidades cognitivas para construir modelos mais robustos, capazes de dar sentido às suas experiências com o mundo, envolve o uso de simulações em computador e os laboratórios investigativos baseados em computadores combinados com sensores de vários tipos. (BORGES, 2002, p. 309).

Estas colocações nos levam a concluir que o uso de novas tecnologias, dentre elas o de dispositivos como CBL e CBR (do inglês, Calculator Based Ranger), pode contribuir muito para esta nova maneira de uso do laboratório no ensino de ciências já que, neste caso, o aluno acompanha a coleta de dados obtida em tempo real por sensores de temperatura, de pressão, de movimento, etc. Os dados já lhe são apresentados na forma de gráficos permitindo um maior envolvimento do aluno na discussão do experimento e do fenômeno em questão. Existe também a possibilidade de se explorar situações experimentais que normalmente não são exploradas em sala de aula por exigirem um tempo muito longo de coleta de dados ou medidas muito precisas, em intervalos de tempo reduzidos.

2.2. A utilização da aquisição automática de dados através de sistemas do tipo CBL

Em artigo publicado pela Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Fiolhais (2003), cita a aquisição de dados por computador como um dos principais modos de utilização do computador no ensino de ciências em geral e da Física, em particular.

Com relação a trabalhos citando o uso de dispositivos CBL e CBR no ensino de Física, verificou-se na pesquisa bibliográfica feita nos periódicos brasileiros, como a RBEF, a revista Física na Escola e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), além das atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e do material do XVI SNEF disponibilizado na Internet, a não existência de qualquer relato envolvendo esta aplicação. Entretanto, professores de Matemática têm divulgado seus trabalhos na utilização desse tipo de equipamento, como pode ser encontrado nas referências (BONAFINI, 2002) e (BONAFINI, 2003), onde a autora faz uma revisão da literatura sobre o emprego desses instrumentos, destacando suas potencialidades de uso e citando pesquisas feitas por profissionais da área de Matemática. Scheffer (2002) relata um estudo realizado com alunos do ensino fundamental, na disciplina de Matemática, em que foi utilizado o CBR para fazer análise dos movimentos corporais dos próprios alunos.

Por outro lado, em referências internacionais existem relatos da utilização dos sistemas CBL e CBR no ensino de Física. Por exemplo, em artigo publicado pela revista *Physics Education* (THORNTON, 1987), o autor relata o uso de ferramentas MBL (do inglês, *Microcomputer Based Laboratory*), cujo funcionamento é bem semelhante ao sistema CBL. Neste trabalho, além de ser feito um relato entusiasmado do seu uso, são enumeradas vantagens pedagógicas de tal dispositivo. Dentre outras, que tais ferramentas melhoram a aprendizagem levando aos estudantes uma gama de investigações, são de fácil manipulação por principiantes e encorajam o modo de pensar crítico reduzindo o trabalho monótono de coleta e manipulação de dados.

Uma revisão histórica do uso do laboratório no ensino de Física acompanhada de uma análise sobre perspectivas futuras foi feita por Trumper (2003). Neste artigo, o autor valida a crença de que laboratórios baseados em microcomputadores são uma das mais promissoras perspectivas em laboratório de ensino de Física, baseado tanto em fundamentos teóricos quanto empíricos. Ressalta a importância de atividades em que o professor oriente a aprendizagem de seus alunos, circulando entre estes, respondendo e fazendo perguntas,

chamando a atenção para detalhes sutis ou para aplicações viáveis. Relata a necessidade de confecção de novos guias de laboratório diferentes daqueles do tipo “livro de receita”. Esses novos guias seriam organizados de forma a orientar o estudante a realizar experimentos, ilustrando conceitos importantes e sendo estruturados de forma a incentivar uma aproximação do fazer ciência. A principal vantagem de um guia que tenha sido bem elaborado é que o instrutor pode acompanhar mais cuidadosamente o que os estudantes fazem no laboratório. Neste artigo fica bastante claro que existe uma total concordância entre a participação ativa dos alunos nas atividades de laboratório e as teorias construtivistas de ensino. A conclusão final é que o acesso completo a esta metodologia, baseada na aquisição automática de dados, pode aumentar consideravelmente o número de estudantes que aprendem Física por “fazer Física”, e não apenas por “ouvir sobre Física”.

Em um outro trabalho (IMPEDOVO, 1999), é apresentado um relato do uso dos sistemas CBR e CBL no ensino de Matemática e Física na Itália, em curso equivalente ao ensino médio brasileiro. O artigo começa com um relato sobre a utilização do sistema CBR no ensino de funções harmônicas na disciplina de matemática. Além disso, relata a utilização dos sistemas CBR e CBL no ensino de Física em experimentos envolvendo análise de movimentos dos próprios alunos e da intensidade luminosa de uma lâmpada. Como conclusão, as atividades envolvendo estes dispositivos são referidas como sendo de grande eficácia didática, tornando o ensino da Matemática e da Física mais envolvente para os alunos e muito mais produtivo para o professor.

Na referência (ASPETSBERGER; ASPETSBERGER, 2002), os autores descrevem atividades utilizando dispositivos como CBR e CBL juntamente com calculadora gráfica TI-82 onde, através de experimentos de Física e Química, os alunos tentam modelar os dados obtidos por eles próprios usando conceitos matemáticos. O trabalho citado foi implementado no período 1999-2001 com alunos entre 16 e 18 anos. Um de seus objetivos era confrontar os alunos com dados reais, pois, em geral, nos exercícios de matemática os alunos normalmente encontram resultados exatos em seus cálculos, como por exemplo $0,000^{\circ}\text{C}$ para o ponto de fusão do gelo em vez de $0,576^{\circ}\text{C}$. Para os autores foi algo bastante surpreendente o quanto não é familiar para os alunos documentar seus trabalhos escrevendo relatórios e interpretando os resultados obtidos, assim como trabalhar em grupos. Concluíram que estas atividades serviram também para promover aquisição de habilidade escrita e verbal pelos alunos.

Em outro artigo (ADIE, 1998) é relatado que o uso de calculadoras gráficas cria novas possibilidades e oportunidades no ensino de Física e, que em virtude disso, teremos de reconsiderar nossos métodos didáticos e pedagógicos em muitas áreas. É exposto que, como em um computador, calculadoras gráficas eliminam a necessidade de habilidades intermediárias não inerentes à Física como traçar gráficos permitindo aos alunos mais tempo para se concentrar realmente na Física. O autor chama a atenção de que temos de mudar a ênfase de nosso ensino: do processo de obter resultados para uma avaliação do que o mesmo significa e quão bom ele é. Ressalta ainda que, do mesmo modo como habilidades de traçar gráficos no papel foram essenciais anteriormente, habilidades com a calculadora gráfica são agora fundamentais para a moderna alfabetização científica, pois tais dispositivos são essencialmente uma parte da tecnologia da informação e, se aceitarmos isto, então também aceitaremos que ocorrerão mudanças na forma de como a Física é ensinada.

2.3. Referenciais teóricos para atividades de laboratório

Como em toda atividade de ensino, as atividades envolvendo experimentação devem, sem dúvida, estar embasadas em um referencial teórico de aprendizagem. É importante que o professor, durante o seu planejamento, reflita sobre o objetivo que deseja alcançar realizando este tipo de atividade. A definição desse objetivo ocorre de acordo com o referencial teórico de aprendizagem adotado e pode conduzir o aluno a diferentes vivências. Buscando na literatura por referenciais teóricos adotados neste tipo de atividade, encontrou-se uma abordagem sobre o uso de atividades experimentais de demonstração fundamentadas na teoria de aprendizagem de Vigotski (GASPAR; MONTEIRO, 2004). Neste trabalho, os autores manifestam que esse tipo de atividade tem potencial para promover uma interação mais intensa entre alunos e professor. Relatam, também, a metodologia por eles desenvolvida nesse tipo de atividade realizada em turmas de ensino médio.

Em seu livro sobre experiências de ciências voltadas para o ensino fundamental, Gaspar (2003) apresenta no capítulo inicial a teoria da interação social de Vigotski como fundamentação teórica adotada, mostrando uma perfeita relação entre atividades de experimentação e a teoria *vigotskiana*.

Em outro trabalho (BORRAGINI et al., 2004), é relatado uma pesquisa em ensino de Física, que tem por finalidade elaborar, aplicar e verificar a validade de algumas atividades experimentais sob um referencial construtivista. Este trabalho não é baseado em uma única teoria, mas em um conjunto formado pelas teorias de Jerome Bruner, Jean Piaget, Lev Vigotski e David Ausubel.

2.4. Tópicos de Física mais explorados em atividades de laboratório

Araújo e Abib (2003), a partir de uma revisão da literatura, apresentam tabelados os resultados de uma análise feita sobre a área de publicação envolvendo experimentos no ensino de Física. O resultado mostrado é o seguinte: Mecânica – 30,4%; Ótica – 22,8%; Eletricidade/Magnetismo – 20,7%, Física Moderna – 7,6%; Calorimetria – 4,3%; Hidrodinâmica – 4,3%; Gases – 3,3%; Astronomia – 3,3% e Ondulatória – 3,3%.

Uma análise semelhante foi feita por Araujo e Veit (2004) onde, através de uma revisão de literatura envolvendo estudos referentes às tecnologias computacionais no ensino de Física em nível superior e médio, identificam as principais modalidades pedagógicas do seu uso e os tópicos de Física escolhidos como tema em trabalhos publicados em periódicos nacionais e internacionais, a partir de 1990. Uma das modalidades pedagógicas do uso do computador citada neste trabalho é a de coleta e análise de dados em tempo real. Em relação a esta modalidade é feita uma análise do número de artigos publicados por área da Física e o resultado é o seguinte: Mecânica – 19; Termodinâmica – 2; Eletromagnetismo – 5; Ótica – 1 e Física Moderna – 0.

Através da análise dessas referências pode-se notar que a maioria das publicações envolvendo experimentos utilizando a aquisição automática de dados referem-se à área da Mecânica. Existem poucas atividades relatadas em outras áreas como, por exemplo, a Física Térmica. Essa foi uma das motivações que levaram à realização deste trabalho de dissertação envolvendo atividades experimentais em Física Térmica.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho possui como referenciais teóricos a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria da interação social de Lev Vigotski. Ambas teorias são classificadas como cognitivistas, ou seja, preocupam-se em estudar como ocorrem e quais os mecanismos envolvidos na construção da estrutura cognitiva do indivíduo. Outro ponto em comum entre essas duas teorias é a importância dada à linguagem no desenvolvimento cognitivo do aprendiz. A seguir será feito um breve comentário sobre cada teoria, evidenciando os pontos essenciais que fazem das mesmas referenciais teóricos para este trabalho.

3.1. A Teoria de David Ausubel

O conceito chave desta teoria é o de aprendizagem significativa:

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Isto é, nesse processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “conceito subsunçor” ou, simplesmente, “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende.(MOREIRA,1999b, p. 11)

A partir dessa interação entre uma nova informação e a estrutura de conhecimento específica do indivíduo, o conceito *subsunçor* sofre uma re-elaboração, desenvolvendo-se e tornando-se mais amplo, aumentando assim sua capacidade de se relacionar a novas informações. Sendo assim, os *subsunçores* são diferenciados para cada indivíduo. Essa diferença se dá de acordo com as experiências de aprendizagem de cada um.

Opondo-se à aprendizagem significativa está a aprendizagem mecânica que ocorre quando a nova informação não possui interação com conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, o novo conceito não possui ligação com *subsunçores*

específicos. No entanto, para Ausubel, a aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa podem ser vistas como dois extremos de um contínuo. (MOREIRA, 1999a, p. 153-154)

Algumas vezes, no início do estudo de uma área do conhecimento totalmente nova, o conceito *subsunçor* necessário não existe na estrutura cognitiva do aprendiz. Uma das possibilidades descritas por Ausubel é de que neste caso, existe a ocorrência da aprendizagem mecânica até que alguns elementos do conhecimento, relevantes nesta nova área, passem a existir na estrutura cognitiva e então sirvam de *subsunçores*, mesmo que pouco elaborados. Esses *subsunçores* vão tornando-se mais elaborados e mais capazes de servir de âncora para novas informações à medida que a aprendizagem torna-se significativa. Uma outra possibilidade, citada por Ausubel para o desenvolvimento de conceitos *subsunçores* e conseqüente facilitação da aprendizagem significativa, é através do uso de organizadores prévios. Estes organizadores prévios são materiais apresentados aos alunos antes do conteúdo a ser aprendido, tendo a função de servir como uma introdução, uma ligação entre aquilo que o estudante conhece e aquilo que ele deve conhecer. (MOREIRA, 1999a, p. 154-155)

No ensino da Física, a aprendizagem pode ser conduzida a uma aprendizagem mais significativa no momento em que não se exija dos alunos respostas prontas exatamente iguais àquelas dos livros ou das apostilas, ou então, a cobrança de simples memorização de gráficos e equações sem a devida compreensão do seu significado (aprendizagem mecânica). Ao contrário disso, deve-se deixar que o aluno expresse ao seu modo (com suas palavras) a explicação sobre uma questão teórica ou sobre um experimento que acabou de vivenciar. A partir de situações como esta, pode-se realmente analisar como os conceitos em questão estão organizados na sua estrutura cognitiva e verificar se está ocorrendo efetivamente, ou não, uma aprendizagem significativa.

A teoria de Ausubel enfatiza a importância da estrutura cognitiva do aluno no início da instrução assim como a necessidade de sua identificação. Desse modo o professor deve, com base nestes conhecimentos prévios identificados, utilizar recursos que facilitem a aquisição conceitual pelo aluno do objeto de estudo de uma maneira significativa (MOREIRA, 1999a, p. 162-163). Dessa forma ele coloca duas condições necessárias para ocorrência deste tipo de aprendizagem. Em primeiro lugar, as novas informações devem ser potencialmente significativas para o aprendiz, ou seja, que o indivíduo deve possuir conceitos relacionáveis a esta nova informação em sua estrutura cognitiva, de forma substantiva e não-arbitrária, relacionados diretamente ao conhecimento a ser aprendido. Em segundo, o aprendiz tem de

apresentar-se predisposto a relacionar a nova informação de forma substantiva e não-arbitrária à sua estrutura cognitiva, ou seja, mesmo que a nova informação seja potencialmente significativa se o aprendiz opta por aprender mecanicamente aquele conteúdo, assim será (AUSUBEL, 1980, p.98-133).

Apesar de ser cognitivista, Ausubel reconhece a importância da experiência afetiva. Com base nisso acredita-se que a busca de uma aprendizagem realmente significativa em Física pode ser auxiliada pela prática de laboratório, pois, através dela pode-se facilitar ao aluno o entendimento de conceitos assim como a relação entre estes. O aluno teria uma postura menos passiva, envolvendo-se e comprometendo-se mais com a construção do seu conhecimento, isto poderia levá-lo também a apresentar um envolvimento afetivo maior com a aprendizagem desta disciplina.

No entanto, o simples fato de realizar um experimento pode não ser garantia de aprendizagem significativa. Em seu livro “Psicologia Educacional”, os autores dizem o seguinte:

O aluno desmotivado que reúne e interpreta dados não manifesta maior atividade intelectual do que o aluno desmotivado que assiste a uma aula expositiva. A coleção de dados e a compilação descuidada de mapas, tabelas ou gráficos e atividades similares estão entre as estratégias que o estudante emprega para “parecer ocupado”, enquanto que, de fato, muito pouca aprendizagem significativa está ocorrendo. Os alunos motivados, por outro lado, fazem considerações refletidamente, reestruturam e integram o novo material em sua estrutura cognitiva independentemente da quantidade de informações.(AUSUBEL et al., 1980, p.102)

Para que o laboratório esteja realmente voltado para a construção de uma aprendizagem significativa é necessário dar uma ênfase maior na discussão dos fenômenos e conceitos a ele relacionados, procurando estabelecer um confronto entre as conclusões decorrentes das leis físicas envolvidas e as concepções alternativas do aluno. Nesse sentido, o fato de ficar um tempo enorme coletando dados manualmente, preenchendo tabelas e traçando gráficos que muitas vezes são manipulados pelos alunos de modo que se pareçam com os resultados esperados pelo professor, certamente não contribui em nada para uma aprendizagem significativa. É necessário que o aluno tenha compreensão tanto da montagem experimental, quanto dos fatores externos (atrito, umidade relativa, temperatura do meio, etc...) que interferem no resultado obtido para um determinado experimento. Mais importante do que encontrar um resultado perfeito (que, na maioria das vezes, em condições de sala de

aula é impossível) é compreender o fenômeno em questão e discutir como os fatores externos interferem nos resultados.

O uso da aquisição automática de dados no laboratório de Física pode contribuir muito para isso, pois através dela, o aluno fica livre da parte maçante da coleta de dados, bem como daquelas relacionadas à construção de gráficos e tabelas, que pode ser abordada pela disciplina de Matemática, se fixando mais à interpretação dos resultados obtidos no experimento e passando diretamente à discussão e explicação dos fenômenos envolvidos.

3.2. A Teoria de Lev Vigotski

A teoria de Vigotski encontra-se baseada na premissa de que para se compreender o desenvolvimento cognitivo do indivíduo deve-se considerar o contexto social e cultural no qual ele se encontra, ou seja, o desenvolvimento cognitivo é fortemente influenciado pelo meio.

Segundo a nossa concepção, o verdadeiro curso do desenvolvimento do pensamento não vai do individual para o socializado, mas sim do social para o individual. (VIGOTSKI, 1998b, p. 24)

Neste caso, as relações sociais transformam-se em funções mentais superiores (pensamento, linguagem) através da mediação do uso de instrumentos e signos. O instrumento é utilizado para fazer alguma coisa e o signo é algo que possui significado. O signo pode ser de três tipos: a) indicadores, que possuem uma relação de causa e efeito com aquilo que significam; b) icônicos, imagens ou desenhos daquilo que significam e c) simbólicos, que possuem uma relação abstrata com aquilo que significam. O desenvolvimento cognitivo ocorre através da interiorização de instrumentos e sistemas de signos. (MOREIRA, 1999a, p. 110-111)

Para analisar o aprendizado escolar, Vigotski determina dois níveis de desenvolvimento. O primeiro é chamado de nível de desenvolvimento real e está relacionado a ciclos de desenvolvimento já completados pelo indivíduo. Neste caso, normalmente é admitido como indicador do desenvolvimento de uma criança, atividades que esta consegue realizar sozinha sem qualquer ajuda externa.

De acordo com as pesquisas de Vigotski, as atividades que uma criança consegue realizar com ajuda de outros é um indicativo maior do seu estágio de desenvolvimento do que aquilo que consegue realizar sozinha. Isto foi demonstrado através da análise de crianças de mesmo nível de desenvolvimento real que apresentavam diferentes capacidades para aprender sob orientação de um professor, determinando que, neste caso, as crianças não possuíam a mesma idade mental. A essa diferença na capacidade de aprender Vigotski atribuiu um conceito considerado por ele de fundamental importância, que ele chamou de zona de desenvolvimento proximal.

Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. (VIGOTSKI, 1998a, p. 112)

O ensino orientado para níveis de desenvolvimento já atingidos pelo aluno (nível de desenvolvimento real) não é eficiente. O ensino para ser bom, segundo Vigotski, deve estar à frente do desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Neste caso, a zona de desenvolvimento proximal é onde ocorre a aprendizagem, provocada pela interação social. Ao aprender, o indivíduo redefine os limites dessa zona. Para Vigotski a aprendizagem é necessária para o desenvolvimento. Estas idéias podem ser verificadas através da citação de uma parte do texto escrito por Vigotski em sua obra “A Formação Social da Mente”:

Propomos que um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança.

Desse ponto de vista, aprendizado não é desenvolvimento; entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas. (VIGOTSKI, 1998a, p. 117-118)

Dessa forma, para que o indivíduo aproprie-se dos signos utilizados num determinado contexto social, é imprescindível a interação entre este indivíduo e o meio social no qual se encontra. Pode-se verificar aí a grande importância da interação social nesta teoria, pois é através desta interação que o indivíduo vai captar significados dos signos e verificar se os

significados atribuídos por ele correspondem àqueles compartilhados pelo grupo no qual está inserido. (MOREIRA, 1999a, p. 113)

O papel do professor, segundo esta teoria, está em ser o mediador, o companheiro mais capaz que através da interação com seus alunos, por meio do diálogo, tem a tarefa de fazer com que seus alunos compartilhem os mesmos significados que este.

Ocorre que, neste processo, os alunos chegam à sala de aula já com alguns (ou muitos) conceitos prévios. Para Vigotski, este fato não atrapalha o aprendizado e a aquisição de conceitos científicos é beneficiada pela presença de conceitos prévios, ainda que sejam contraditórios. Porém, a substituição do conceito prévio pelo científico não é imediata. Esses dois conceitos podem conviver simultaneamente na mente do aluno, que dependendo das circunstâncias recorre a um ou a outro. De acordo com a teoria de Vigotski, este processo não revela uma resistência à mudança conceitual, mas sim à existência de um processo de mudança cognitiva, constituindo uma etapa na construção de uma nova estrutura cognitiva. (GASPAR, 2003, p. 22)

Com base no pensamento *vigotskiano*, espera-se que um ensino bem sucedido seja aquele no qual se crie várias situações que despertem os alunos para o assunto em estudo, levando-os a uma intensa interação não só entre si, mas também com o professor. Neste sentido, o presente trabalho de dissertação propõe, através da introdução de atividades experimentais no ensino de Física com a utilização de equipamentos de aquisição automática de dados, criar condições para uma aprendizagem mais eficaz dos conceitos físicos. Acredita-se, então, que atividades experimentais, devidamente orientadas, possuem uma maior potencialidade para atingir este objetivo, na medida em que propiciem espaço para as interações sociais.

Em “Experiências de ciências para o ensino fundamental”, Gaspar (2003, p. 24-26) faz uma comparação entre atividades experimentais e atividades teóricas do ponto de vista *vigotskiano* através da comparação da qualidade das interações sociais desencadeadas por ambas. O autor destaca pelo menos três vantagens das atividades experimentais em relação às teóricas: 1^a) Atividades teóricas estão relacionadas a enunciados cuja interpretação pode não ser única. Muitos desses enunciados são de difícil interpretação até mesmo para professores. Em atividades experimentais, em virtude da sua natureza, quando isto ocorre há uma discussão mais imediata, torna-se mais fácil através da realização do próprio experimento, o

que é muito importante para que a interação social se desenvolva adequadamente; 2^a) Em atividades teóricas, resolução de problemas, por exemplo, o aluno tem uma série de condições iniciais e ideais, o que limita a discussão em torno da situação previamente definida. Já em atividades experimentais, mesmo com a utilização de um roteiro fechado, existem sempre alguns fatores (como por exemplo: temperatura, umidade, atrito, vento) que podem interferir na sua realização criando desta forma uma série de discussões que sem dúvida contribuem para uma interação social mais rica; 3^a) Em atividades teóricas o aluno raramente arrisca um palpite para resposta, pois além de exigir um pensamento mais abstrato, dificilmente são observáveis. Já atividades experimentais têm a característica de envolver mais o aluno, que dificilmente deixa de arriscar um palpite sobre o que vai acontecer e a resposta pode ser obtida pela observação direta e imediata através da realização do experimento.

Segundo o mesmo autor:

... a quase unânime participação dos alunos nas atividades experimentais pode ser explicada principalmente por dois motivos: a possibilidade da observação direta e imediata da resposta, que envolve afetivamente o aluno com a atividade; o aluno, livre de argumentos de autoridade, obtém uma resposta isenta, diretamente da natureza. Ambos os motivos garantem o desencadeamento de uma interação social mais rica e motivadora e, conseqüentemente mais eficaz.

Podemos acrescentar ainda que as atividades experimentais podem ser mais eficazes em colocar o aluno diante de situações que estejam à frente do seu desenvolvimento. Lembramos que, para Vigotski, este tipo de situação é imprescindível. Quando o aluno é colocado diante de uma situação nova e essa situação pode ser vivenciada por ele através de um experimento, sem dúvida a motivação será maior do que se lhe fosse apresentada apenas através de um texto.

Tanto em atividades experimentais quanto teóricas, segundo a teoria de Vigotski, a interação professor-aluno é de extrema importância, pois, tanto um quanto outro necessitam de um retorno para estarem cientes de que estão compartilhando dos mesmos significados, ou, quando ainda não atingiram este estágio, para negociarem significados até que passem a compartilhá-los.

CAPÍTULO 4

DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL INSTRUCIONAL

Este capítulo tem por objetivo descrever a metodologia utilizada no desenvolvimento do material instrucional. Inicialmente é feita uma apresentação do contexto em que esta proposta foi pensada, elaborada e aplicada. Na sequência são listados os conteúdos abordados e, por fim, é feito um relato sobre a elaboração das atividades relacionadas a estes conteúdos, tais como questionários, teste de concepções prévias, textos, guias experimentais e página na Internet.

4.1. Contexto

Esta proposta de ensino foi desenvolvida no CEFET-RS, situado na cidade de Pelotas, RS, instituição da qual a autora deste trabalho faz parte do quadro efetivo de professores desde 1998. Esta instituição possui um total de 354 professores e 210 funcionários que atendem a 3719³ matrículas em cursos de nível técnico, tecnológico, além do ensino médio. No ensino médio estão matriculados 1037 alunos. Na Figura 4.1 é apresentada uma foto da fachada do CEFET-RS.



Figura 4.1: Fachada do CEFET-RS, situado na cidade de Pelotas, RS.

³ O número de matrículas não corresponde ao número de alunos, pois existem alunos com matrículas concomitantes no ensino médio e no ensino profissionalizante. Acontece o mesmo com alunos matriculados no ensino técnico e tecnológico concorrentemente.

Nesta instituição, a coordenadoria de Física é composta por 17 professores, na sua maioria atuando no ensino médio. Em seu espaço físico esta coordenadoria possui 5 salas de aula/laboratório e uma sala ambiente. As salas de aula/laboratório são espaços onde se realizam aulas de Física nos diferentes níveis de ensino. São assim denominadas porque no seu interior, além do mobiliário de uma sala de aula normal, possuem armários com materiais e equipamentos que permitem a realização de diferentes experimentos durante o desenvolvimento dos diversos conteúdos desta disciplina. Já a sala ambiente, que foi criada recentemente, é assim denominada por ser um espaço onde se pretende que o ensino ocorra através de atividades diferenciadas e, por este motivo, é mobiliada de forma a possibilitar o trabalho em grupo pelos alunos, conforme ilustrado em um de seus ângulos na Figura 4.2. Ainda possui em seu interior 15 computadores conectados a internet, televisão 29'', vídeo, retroprojetor, equipamentos para aquisição automática de dados e calculadoras gráficas. Esta sala é destinada não só ao ensino de Física, mas também ao ensino de Matemática, dispondo de alguns *softwares* e materiais para o ensino desta disciplina. Contígua a esta sala ambiente, destinada ao ensino de Física e Matemática, existe uma outra sala ambiente similar destinada ao ensino de Química e Biologia.



Figura 4.2: Sala ambiente de Física e Matemática do CEFET-RS.

As salas ambientes possuem sistemas do tipo CBL que são equipamentos constituídos por dispositivos de aquisição automática de dados e calculadoras gráficas. Tais dispositivos, associados a sensores apropriados, possibilitam a medida de diferentes grandezas físicas⁴.

⁴ Os sensores utilizados são produzidos pela empresa Vernier.

Atualmente existem disponíveis no CEFET-RS, dentre outros, sensores de movimento, de pressão, de força, de temperatura e de intensidade luminosa. Além destes, dispõe-se de alguns sensores destinados à análise química, fazendo deste um equipamento que pode ser utilizado tanto em aulas de Física quanto de Química. Na Figura 4.3 é mostrado o sistema CBL, constituído pelo dispositivo de aquisição automática de dados, pela calculadora gráfica e por sensores.



Figura 4.3: Sistema CBL. Em (a) temos a calculadora gráfica e o dispositivo de coleta automática de dados, e em (b) alguns sensores como o de temperatura, o de pressão em gases e o de intensidade luminosa (mostrados da esquerda para a direita).

As calculadoras gráficas disponibilizam alguns programas que permitem tanto a visualização em tempo real dos dados coletados, quanto a realização de algumas análises estatísticas como as que são possíveis de serem feitas em planilhas eletrônicas. O dispositivo de coleta automática de dados possui uma memória onde podem ser salvos os dados do experimento realizado. É possível, também, conectar a calculadora ao microcomputador e, através de *software* apropriado, transferir os dados coletados para serem analisados, por exemplo, em planilha eletrônica.

O sistema CBL pode ser utilizado tanto pelos alunos, na realização de experimentos em grupos, quanto pelo professor em experimento demonstrativo em que toda a turma acompanhe simultaneamente a coleta de dados. Nesta segunda possibilidade de uso dispõe-se de um dispositivo que, conectado ao sistema CBL, permite a projeção da tela da calculadora através de um retroprojetor. A Figura 4.4 ilustra esta utilização.

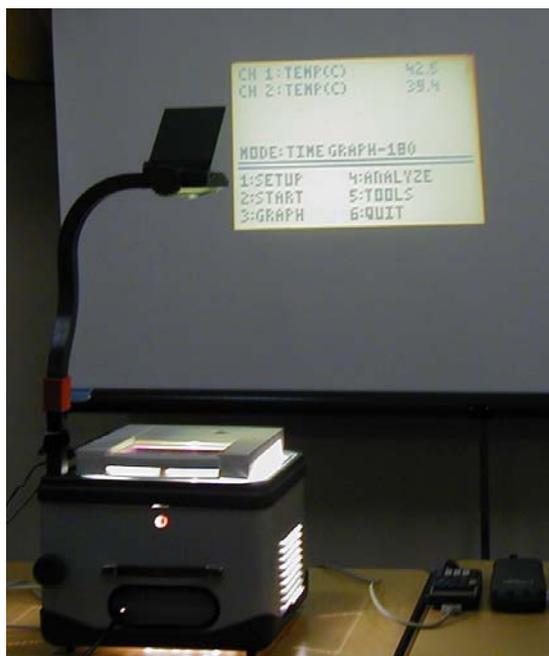


Figura 4.4: Visualização da tela da calculadora através de um retroprojeter.

A partir deste breve relato pode-se verificar o grande potencial de uso do sistema CBL em atividades experimentais. No entanto, sua utilização nas salas ambientes ainda não havia sido efetivada no CEFET-RS até o momento da implementação da presente proposta. Isto é devido, principalmente, a este ser um equipamento relativamente recente na instituição e que requer um certo tempo dedicado tanto à compreensão do seu funcionamento quanto ao planejamento de atividades com a sua utilização. Por estes motivos optou-se em propor, através do produto gerado nesta dissertação, a utilização destes dispositivos nas aulas de Física do ensino médio do CEFET-RS.

A proposta foi, então, implementada em duas turmas do primeiro ano do ensino médio do CEFET-RS. A escolha das mesmas foi realizada ao acaso, optando-se apenas por serem de turnos diferentes. As turmas envolvidas foram a turma 104 do turno da manhã com 30 alunos e a turma 125 do turno da tarde com 29 alunos. Estas turmas, assim como ocorre no primeiro ano do ensino médio do CEFET-RS, possuem 4 horas-aula de Física semanalmente.

4.2. Conteúdos abordados

A escolha da Física Térmica como tema para a utilização da aquisição automática de dados no ensino de Física de nível médio, que é a proposta deste trabalho, aconteceu devido a este ser um assunto no qual existem poucos trabalhos envolvendo o uso desta nova tecnologia, conforme já foi mencionado no capítulo 2 referente a revisão da literatura.

A Física Térmica é abordada, no CEFET-RS, no primeiro ano do ensino médio, sendo utilizado para o seu desenvolvimento todo o primeiro e uma parte do segundo trimestre. As atividades aqui desenvolvidas não compreendem todos os conteúdos da Física Térmica constantes no programa do CEFET-RS, mas aqueles trabalhados no primeiro trimestre letivo. A seguir estão detalhados os assuntos envolvidos nesta proposta, agrupados e ordenados na forma em que foram trabalhados.

- Introdução: Energia
- Calor e temperatura
 - Energia interna, calor, temperatura ...
 - Calor sensível: calorimetria
 - Resfriamento de um corpo
- Mudança de estado físico
 - Mudança de estado físico, pressão de vapor ...
- Transmissão do calor

4.3. Material elaborado

A elaboração do material instrucional foi norteada pelos referenciais teóricos apresentados no capítulo 3, como também por aspectos considerados relevantes encontrados durante a revisão da literatura (capítulo 2). O material produzido e utilizado no desenvolvimento desta proposta é composto de questionários, teste de concepções prévias, textos, guias de atividades experimentais e hipertexto que inclui algumas animações. A seguir será feito um relato de como se deu esta elaboração.

4.3.1. Questionários

Foram elaborados dois questionários com o objetivo de obter informações a respeito dos alunos. O primeiro deles (Apêndice A) foi preparado com o objetivo de conhecer melhor o aluno, sua vivência com relação ao uso de atividades experimentais assim como sua experiência e expectativas em relação à disciplina de Física. Este questionário foi aplicado aos alunos em seu primeiro dia de aula. O segundo questionário (Apêndice B) foi desenvolvido com a intenção de avaliar a aceitação da proposta, bem como sua aplicabilidade. Por este motivo foi apresentado aos alunos ao término de sua aplicação. Os dados coletados com a aplicação destes questionários serão mostrados mais adiante (seções 5.1 e 6.3).

4.3.2. Teste de Concepções Prévias

Conforme mencionado no capítulo 3, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, o fator de maior importância na busca por uma aprendizagem significativa é a estrutura cognitiva do aprendiz no momento da aprendizagem. Dessa forma, com o objetivo de verificar as concepções prévias dos alunos com relação aos conceitos relacionados à Física Térmica foi elaborado um teste que se encontra no Apêndice C. O teste foi aplicado no primeiro dia de aula aos alunos com o objetivo de averiguar suas concepções prévias (pré-teste) e novamente após estudar os conteúdos tentando verificar a ocorrência de mudança conceitual (pós-teste).

Este teste constituiu-se de 16 questões, sendo que em cada uma delas é descrita uma determinada situação acompanhada de três alternativas, as quais o aluno deve classificar como verdadeira ou falsa. Embora cada questão tenha somente uma alternativa correta, esta opção de análise, ao contrário do aluno ter simplesmente uma única escolha, possibilita verificar de forma mais ampla a ocorrência do processo de mudança conceitual, quando da aplicação do pós-teste, sendo possível constatar a co-existência de concepções intuitivas e cientificamente corretas. Como já foi abordado no capítulo 3, de acordo com o referencial *vigotskiano*, este processo de mudança conceitual não é imediato, pois o aluno não substitui repentinamente suas concepções prévias e passa a adotar aquelas cientificamente corretas. Sendo assim, ao permitir que o estudante possa escolher mais de uma alternativa como verdadeira para cada questão, deixa-se este mais livre para expor seu pensamento. Caso

contrário, se fosse pedido ao aluno para assinalar uma única alternativa como correta, poderia ocorrer deste ter de escolher entre a concepção prévia e a cientificamente correta mesmo concordando com ambas, pois conforme já foi tratado, pode acontecer em determinado momento da construção da sua nova estrutura cognitiva a existência simultânea destas duas concepções (GASPAR, 2003, p. 22).

O teste utilizado foi elaborado baseando-se, parcialmente, em questões de outros testes já existentes na literatura. Silveira e Moreira (1996) apresentaram um teste para averiguar concepções prévias de alunos sobre conteúdos de Física Térmica. As questões 01 a 04 e 07 a 10 do teste aplicado neste trabalho foram extraídas dessa referência. Já as questões 06 e 11 a 14 foram adaptadas de material gentilmente cedido por M. F. Thomaz e I. M. Malaquias e é citado na referência (THOMAZ et al., 1995). Por fim, as questões 05, 15 e 16 foram elaboradas por D. B. Sias, sob orientação de R. M. Ribeiro Teixeira. Todas as questões foram selecionadas, adaptadas e/ou elaboradas com a intenção de confrontar o aluno com situações possíveis no seu dia-a-dia de forma que sua leitura lhe seja familiar e de fácil compreensão, já que ainda não estudou formalmente os conceitos envolvidos na Física Térmica.

A comparação entre as respostas dos alunos neste teste antes da aplicação desta proposta (pré-teste) e após a mesma (pós-teste) será realizada posteriormente no capítulo 6.

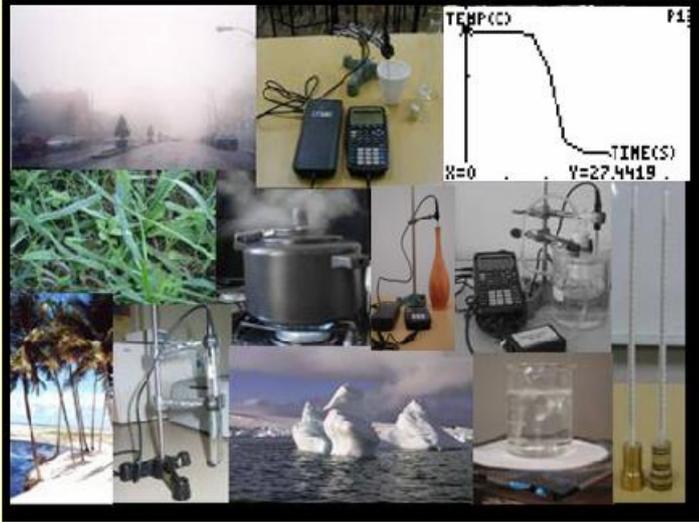
4.3.3. Material Instrucional

Para aplicação desta proposta foram elaborados guias de atividades experimentais, textos de apoio para os alunos referentes aos conteúdos trabalhados, assim como hipertexto contendo algumas animações. Os textos de apoio juntamente com os guias experimentais encontram-se respectivamente, nos Apêndices D e E desta dissertação. Este material, bem como o hipertexto com animações relacionadas à transmissão do calor, estão disponíveis em uma página no sítio do CEFET-RS na Internet (SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2005a). A Figura 4.5 ilustra a página de abertura. Todo este material também está incluído no CD-Rom que acompanha esta dissertação (Apêndice G).

Física Térmica

Página Inicial
 Introdução: Energia
 Calor e Temperatura
 Mudança de Estado Físico
 Transmissão do Calor

Navegar



Denise Borges Sias
 Aluna do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física - IF - UFRGS
 Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas - CEFET - RS
 Orientação Rejane Maria Ribeiro Teixeira - IF - UFRGS

Figura 4.5: Página inicial sobre Física Térmica.

A elaboração dos textos de apoio teve como objetivo principal complementar a busca por uma aprendizagem significativa pelos alunos junto com a realização das atividades experimentais. Nestes textos procura-se evitar a aprendizagem mecânica pelo aluno, tentando evitar a simples memorização de conceitos e equações por parte deste. Para tanto, apresenta-se um novo conceito ao aluno juntamente com a realização de uma atividade experimental, cuja chamada sempre aparece inserida no texto no momento em que foi proposta aos alunos e realizada por eles. Os textos eram entregues aos alunos após a apresentação do assunto e da realização de atividades experimentais, trazendo algumas vezes resultados das discussões de experimentos assim como gráficos coletados durante sua realização em sala de aula.

Procurou-se também utilizar artigos publicados em revistas como *Ciência Hoje* ou na Internet, como no caso do sítio *Galera da Física* (2005). Estes textos são usados tanto com a intenção de uma maior contextualização da Física estudada em sala de aula como também na tentativa de mostrar e incentivar o aluno a um outro tipo de leitura que pode lhe ser bem interessante.

De maneira semelhante aos textos de apoio, os guias experimentais foram elaborados com o objetivo de promover a mudança conceitual do aluno. Para isto a sua elaboração utilizou como referência tanto os trabalhos citados na revisão de literatura quanto outros materiais referentes ao tema. Em algumas atividades, que serão descritas a seguir, o aluno é levado a confrontar suas concepções prévias com observações diretas e, em outras, pretende-se que este obtenha uma melhor compreensão de alguns conceitos físicos. Todas as atividades experimentais propostas aqui foram planejadas para o trabalho em grupo, buscando colocar em prática as idéias de Vigotski apresentadas no capítulo 3.

Os guias experimentais propostos apresentam uma mesma estrutura, descrita a seguir.

- Objetivo

São expostos os objetivos a serem atingidos pelos alunos na realização do experimento.

- Discussão Inicial

Nesta parte do guia experimental os alunos, antes mesmo de tomarem conhecimento detalhado do experimento a ser realizado, são confrontados com alguma(s) questão(ões) referente(s) ao assunto em estudo. Estas questões são elaboradas tentando relacionar os conceitos físicos envolvidos na atividade experimental com fatos do cotidiano do aluno, buscando dessa forma, contextualizar o fenômeno em estudo. A intenção aqui é motivar o grupo de alunos para a realização da atividade e levá-los a refletir sobre o questionamento de forma que cada um possa colocar suas opiniões ao restante do grupo. Após a realização da atividade experimental, este mesmo questionamento é feito ao grupo para que então possam confrontar suas concepções iniciais com as idéias decorrentes da execução do experimento.

- Material Utilizado

É feita uma lista de materiais de laboratório que serão utilizados na realização do experimento para que os alunos comecem a sua organização.

- Realização do Experimento

São feitas algumas orientações prévias para a realização do experimento, principalmente com relação à coleta de dados e a utilização do sistema CBL.

- Discussão do Experimento

Esta é a última etapa do guia experimental. Após a coleta dos dados, os alunos têm de interpretá-los para então responder aos questionamentos propostos. Estes questionamentos são realizados de forma aberta sem conduzir o aluno passo a passo à conclusão esperada. Durante a realização de uma atividade experimental considera-se que é muito mais importante para o aluno refletir a respeito dos conceitos físicos envolvidos do que a simples reprodução de uma resposta correta. Por este motivo, nesta discussão não é exigido dos alunos cálculos de erros (incertezas) experimentais; em vez disso, estes são levados a refletir a respeito dos motivos pelos quais não conseguiram encontrar, através da atividade experimental, um determinado valor para uma grandeza física. Acredita-se que esta forma de propor a discussão a respeito dos erros experimentais seja mais apropriada neste nível de ensino, podendo levar o aluno a uma maior compreensão tanto do experimento realizado como dos conceitos físicos envolvidos.

A preferência pela elaboração de guias experimentais com orientações para o desenvolvimento das atividades em vez de guias totalmente abertos, nos quais os alunos teriam de tomar todas as decisões, deve-se à pouca experiência dos estudantes em atividades experimentais, principalmente com o uso da aquisição automática de dados. Esta pouca experiência, até no manuseio de materiais simples como um termômetro de mercúrio, pôde ser verificada nos primeiros dias de aula e é comentada mais adiante, quando do relato das atividades (seção 5.2). A escolha pela proposta de atividades totalmente abertas, deixando por conta do aluno decidir toda a elaboração do experimento, poderia tornar este um processo muito demorado e, talvez, até levá-lo a rejeitar tal atividade devido às dificuldades em compreender a sua realização. Tais atividades poderiam ser propostas mais adiante, ao longo do ano letivo, quando os alunos já estivessem mais familiarizados com atividades experimentais usando equipamento de aquisição automática de dados.

Estes guias experimentais, através de suas orientações e discussões propostas, pretendem fazer com que os alunos discutam cada atividade desde a montagem experimental até o resultado obtido percebendo as aproximações realizadas. A idéia aqui não é de conduzir o aluno passo a passo à determinada conclusão, mas sim através de questionamentos abertos fazê-lo refletir sobre a realização do experimento e o significado dos dados experimentais coletados. Através das discussões propostas e de outras que podem surgir no grupo durante a realização de tais atividades, espera-se que os alunos compreendam melhor os conceitos

físicos envolvidos e desenvolvam um maior interesse pelo estudo da Física, o que certamente contribui na busca por uma aprendizagem significativa.

A seguir será apresentado o relato sobre a elaboração das atividades relacionadas aos conteúdos abordados.

➤ Introdução: Energia

Trata-se de um texto cujo conteúdo foi apresentado aos alunos na primeira semana de aula na forma de uma palestra (veja Apêndice D.1). Este foi elaborado com a intenção de servir como organizador prévio ao estudo do tema energia e, mais especificamente, da Física Térmica, por ser este o primeiro conteúdo apresentado a estes alunos no ensino médio. A intenção foi, então, relacionar de forma geral conceitos que seriam estudados com conceitos associados ao cotidiano dos alunos, tentando fazer uma ligação entre aquilo que este conhece e vivencia com os conteúdos que seriam abordados posteriormente, conforme exposto a seguir.

➤ Calor e temperatura

Este tópico foi dividido em três partes. A seguir será feita uma descrição das atividades planejadas para cada uma delas.

- Energia interna, calor, temperatura ...

Nesta primeira parte os alunos são apresentados às idéias iniciais da Física Térmica (Apêndices D.2 a D.4) e, como se tratam de conceitos centrais, são planejados três experimentos com a intenção de confrontar suas concepções prévias com o conhecimento científico. Nestas três atividades experimentais ainda não é usada a aquisição automática de dados por dois motivos: o primeiro é que se tratam de atividades simples, não havendo necessidade da sua utilização, e o segundo é devido ao fato da grande maioria dos alunos ainda não estar familiarizada com atividades experimentais. Por isto, propõem-se inicialmente experimentos exploratórios, através do uso de materiais mais próximos ao aluno, como o termômetro de mercúrio. Procura-se fazer com que este compreenda as idéias iniciais e consideradas essências ao estudo da Física Térmica como, por exemplo, equilíbrio térmico, sensação térmica e medida de temperatura. Espera-se, desse modo, que ao utilizar o dispositivo de aquisição automática de dados o aluno consiga interpretar corretamente o significado dos resultados mostrados na calculadora gráfica.

Atividade Experimental 1: Equilíbrio térmico

Esta atividade experimental, descrita no Apêndice E.1, é proposta aos alunos antes de lhes ser apresentado o conceito de equilíbrio térmico (Apêndice D.3). A intenção é expor os alunos a esta atividade experimental, levando-os a um melhor entendimento deste conceito fundamental, que muitas vezes é difícil de ser compreendido mesmo em situações do dia-a-dia como, por exemplo, a diferença que notamos quando tocamos objetos feitos de materiais diferentes que se encontram em um mesmo ambiente.

Atividade Experimental 2: Sensação térmica x temperatura

A partir da realização desta atividade, (Apêndice E.2) pretende-se mostrar ao aluno como o nosso sentido do tato não é confiável para estimar valores de temperatura dos objetos ao nosso redor e a importância, então, de se utilizar termômetros para uma medida correta da temperatura (veja texto no Apêndice D.4).

Atividade Experimental 3: Termômetros

Após discutir com os alunos a importância de se medir corretamente a temperatura de um corpo e de como é possível construir um termômetro utilizando diferentes grandezas e substâncias termométricas (veja texto no Apêndice D.4), os alunos são conduzidos a esta atividade experimental que é dividida em duas etapas (Apêndice E.3). A primeira possui por objetivo levá-los a uma melhor compreensão do ato de medir temperatura, tanto com um termômetro clínico, quanto com um termômetro de laboratório. Podendo ser verificada a diferença na utilização destes dois tipos de termômetros. Já a segunda etapa desta atividade busca mostrar ao aluno como é possível medir temperaturas utilizando-se outras grandezas físicas como, por exemplo, a resistência elétrica. Paralelamente é apresentado aos estudantes um sensor de temperatura do tipo NTC⁵, salientando que será o mesmo tipo de sensor utilizado juntamente com o sistema CBL nos próximos experimentos. Entende-se que seja importante para o aluno o manuseio de tal sensor juntamente com um multímetro em uma atividade meramente exploratória e, até mesmo, lúdica. Ele poderá visualizar através do multímetro a variação da resistência elétrica do NTC com a temperatura. A intenção é esclarecer que com o sensor utilizado no sistema CBL o processo é o mesmo. Desta forma, espera-se que o aluno não encare como mágica a medida automática de temperatura, mas sim possa compreender o funcionamento deste novo instrumento de medida.

⁵ Do inglês: Negative Temperature Coefficient, em português Coeficiente Negativo de Temperatura.

- Calor sensível: calorimetria

O texto que descreve esta parte aborda a equação fundamental da calorimetria, calor específico, capacidade térmica e a equação das trocas de calor entre corpos (Apêndice D.5). A seguir serão descritas duas atividades experimentais desenvolvidas com a finalidade de dar um maior significado a estes conceitos.

Atividade Experimental 4: Calor sensível: calorimetria

Esta é uma atividade planejada para fazer com que os alunos tenham uma melhor compreensão da equação fundamental da calorimetria (Apêndice E.4) e, por este motivo, é realizada antes da apresentação desta equação aos alunos (Apêndice D.5). Espera-se que desta forma estes consigam atribuir um maior significado aos termos desta equação, evitando assim a sua simples memorização para solução de problemas e exercícios. A elaboração desta atividade foi baseada em considerações abordadas por Mortimer e Amaral (1998) sobre concepções prévias dos alunos com relação a este assunto. Através de três situações distintas os alunos são levados a refletir sobre os fatores que influenciam na quantidade de energia trocada na forma de calor por um corpo com sua vizinhança.

- Resfriamento de um corpo

A Lei de Resfriamento de Newton não é um assunto normalmente abordado no ensino médio. Porém acredita-se que seja interessante trabalhar este assunto de forma conceitual neste nível de ensino. A abordagem proposta procura levar o aluno à compreensão dos principais fatores que influenciam no resfriamento de um corpo relacionando-os a fatos do cotidiano. Após os alunos compreenderem a curva de resfriamento de um corpo propõe-se a utilização desta na análise de situações referentes à determinação de calor específico e de calor latente. Por este motivo a atividade descrita a seguir é realizada antes da atividade para determinação do calor específico do alumínio. Com a intenção de ilustrar a aplicação deste assunto em diferentes contextos, após a atividade experimental, é apresentado aos alunos um pequeno texto intitulado “Tamanho e metabolismo” que é parte integrante de um artigo publicado na revista Ciência Hoje (LORETTO, 2004).

Atividade Experimental 5: Resfriamento de um corpo

O estudo sobre resfriamento de um corpo começa a partir desta atividade experimental (Apêndice E.5) onde é previsto que os alunos, organizados em grupos, coletem a curva de

resfriamento de quantidades diversas de água em seis diferentes situações. Diferentemente de outras atividades propostas, nas quais todos os grupos realizam o mesmo experimento, neste, cada grupo realiza a coleta de dados em uma situação diferente. Após a obtenção da curva de resfriamento utilizando o sistema de aquisição automática de dados, cada grupo digita seus dados em uma planilha eletrônica. No final, os arquivos de dados dos vários grupos são compartilhados entre todos. A idéia é de que inicialmente cada grupo, de posse dos resultados dos demais grupos, possa perceber os principais fatores que influenciam no resfriamento de um corpo, assim como, de forma qualitativa, notar a não-linearidade da função que descreve a lei do resfriamento de um corpo. Feita então essa análise nos pequenos grupos, é realizada uma discussão ampla no grande grupo e, a partir daí, é produzido um texto sobre o resfriamento de um corpo contendo os dados experimentais coletados pelos alunos, assim como os resultados da discussão no grande grupo (veja Apêndice D.6).

Atividade Experimental 6: Calor específico

Esta atividade (Apêndice E.6) foi planejada para ser realizada após a apresentação dos conceitos de calor específico, de capacidade térmica e da equação das trocas de calor (veja texto no Apêndice D.5). O objetivo desta atividade é que os alunos compreendam o significado físico do calor específico de uma substância e realizem sua medida para o alumínio a partir da análise da curva de resfriamento da água. A elaboração deste experimento se baseou no trabalho de Mattos e Gaspar (2003), no qual eles propõem a determinação do calor específico do alumínio através da curva de resfriamento da água. Contudo, foram incorporadas algumas modificações como a realização do experimento utilizando a aquisição automática de dados e a opção por utilizar um recipiente com a característica de ser um bom isolante térmico. Também a análise da curva de resfriamento foi feita de forma a tornar o experimento mais compreensível para alunos do primeiro ano do ensino médio. Com estas modificações, a duração do experimento pôde ser reduzida, restando um tempo maior para os alunos se dedicarem a sua discussão. Espera-se também, que a realização desta atividade experimental conduza os alunos a uma maior compreensão dos exercícios tradicionalmente propostos envolvendo trocas de calor, já que na sua realização é abordado o mesmo raciocínio utilizado na resolução deste tipo de exercício. Dessa forma, considera-se que na realização deste experimento é muito mais importante para o aluno a sua compreensão, tanto na etapa de montagem como na análise dos dados coletados, do que simplesmente encontrar um valor exato para o calor específico do alumínio.

➤ Mudança de estado físico

Na busca por uma maior contextualização e entendimento pelos alunos, procura-se abordar assuntos que normalmente não são trabalhados no ensino médio como pressão de vapor, umidade relativa do ar e formação de geada (veja texto no Apêndice D.7). Além das atividades experimentais é prevista também a utilização de um texto intitulado “Transições de fase e experimentos com estados metaestáveis” de autoria de F. L. da Silveira (SILVEIRA, 2005) com a intenção de maior contextualização deste conteúdo. Também é prevista a realização de um experimento proposto neste artigo envolvendo um estado metaestável. Este texto foi gentilmente cedido pelo autor para ser trabalhado com os alunos e encontra-se no Anexo desta dissertação.

- Mudança de estado físico, pressão de vapor ...

Alguns dos experimentos propostos nesta etapa são do tipo demonstrativo e raramente apresentados neste nível de ensino. O uso de experimentos demonstrativos deve-se ao fato de serem estes demorados, mesmo com a utilização da aquisição automática de dados e, também, ao fato de se entender o grande potencial deste tipo de atividade em promover o envolvimento de toda a turma, simultaneamente, em discussões sobre determinado assunto.

Atividade Experimental 7: Mudança de estado físico

A realização desta atividade, descrita no Apêndice E.7, tem por objetivo confrontar os alunos com uma concepção prévia bastante comum de que sempre que um corpo recebe energia sua temperatura sofre alteração, além de levá-los à compreensão das transformações de energia durante uma mudança de estado físico.

Atividade Experimental 8: Calor latente

Semelhante ao experimento realizado para a determinação do calor específico do alumínio, esta atividade experimental (Apêndice E.8) utiliza a análise da curva de resfriamento da água para determinar seu calor latente de fusão, sendo inspirada em experimento relatado por Robinson (1987). Assim como no experimento para a determinação do calor específico do alumínio, neste experimento tem-se como prioridade a compreensão pelo aluno do significado físico do calor latente de fusão de uma substância assim como tornar mais significativa a resolução de problemas envolvendo mudança de estado físico. Neste experimento a análise utilizada para determinar o calor latente de fusão da água é a

mesma usada na resolução de exercícios envolvendo mudança de estado físico. Por este motivo os alunos poderão compreender melhor as aproximações aqui realizadas.

Atividade Experimental 9: Resfriamento da água em um recipiente de cerâmica

O resfriamento causado pela evaporação de um líquido é um assunto sempre trabalhado quando se ensina Física Térmica e existem muitos exemplos que ilustram este fato, porém a sua demonstração experimental nem sempre é realizada. Por este motivo é proposta, através desta atividade experimental (Apêndice E.9), uma investigação a respeito de um exemplo muitas vezes citado em sala de aula que é o fato da água armazenada em um recipiente de cerâmica ficar fresca, ou seja, a uma temperatura menor do que a do meio ambiente. Esta idéia do líquido contido no recipiente de cerâmica diminuir sua temperatura em relação ao meio ambiente não é muito simples para o aluno do ensino médio. Isto por si só já mostra a importância da realização desta atividade experimental. Esta atividade, na verdade, é composta por dois experimentos. O primeiro, onde a turma acompanha por alguns minutos as leituras da temperatura da água contida em um recipiente de cerâmica e em um recipiente de plástico; o segundo, que é proposto para um melhor entendimento do primeiro, trata da observação da variação da temperatura medida com dois sensores simultaneamente, um deles envolvido em algodão molhado com água e o outro envolvido em algodão molhado com álcool. A utilização da aquisição automática de dados nestes experimentos é muito significativa no sentido de se poder detectar variações pequenas de temperatura o que, com a utilização de um termômetro comum de mercúrio, seria muito difícil.

Atividade Experimental 10: Pressão de vapor

Nesta atividade experimental, descrita no Apêndice E.10, são propostos três experimentos com a intenção de tornar significativo ao aluno o estudo do diagrama de estados de uma determinada substância, a influência da pressão na temperatura de mudança de estado físico, as diferenças na pressão de vapor de diferentes substâncias e, também, servir como introdução ao estudo de assuntos como umidade relativa do ar, formação de geadas, nuvens, neblina, chuva. Embora estes não sejam tópicos normalmente explorados no ensino médio, optou-se por abordá-los devido à grande possibilidade de contextualização da Física a partir dos mesmos. O primeiro experimento proposto se refere à medida da pressão de vapor da água. Com este experimento espera-se que os alunos compreendam tanto o significado das curvas presentes em um diagrama de fases, não aprendendo mecanicamente seus pontos

principais, como também compreendam os fatores que influenciam na temperatura de mudança de estado físico de determinada substância. A proposta ainda inclui a medida da pressão de vapor do álcool comparando com os resultados encontrados para a água, provocando uma discussão a respeito de substâncias voláteis. O segundo experimento é totalmente contra-intuitivo, pois mostra aos alunos a re-ebulição da água a partir do seu resfriamento. O objetivo, neste caso, é levar os alunos a refletir sobre os fatores que influenciam na mudança de estado físico de uma substância. Com a intenção de constatar a influência da pressão na temperatura de mudança de estado físico propõe-se o terceiro experimento. Neste caso, através da utilização de uma bomba de vácuo, os alunos podem observar a água entrar em ebulição à temperatura ambiente.

Atividade Experimental 11: Medindo a umidade relativa do ar

Este experimento é proposto com a intenção de relacionar a Física estudada na escola com o cotidiano do aluno (Apêndice E.11). Na cidade de Pelotas, a umidade relativa do ar normalmente é muito elevada. Por este motivo as pessoas conhecem bem os efeitos provocados no seu dia-a-dia. A medida aqui proposta utiliza materiais simples e procura fazer com que o aluno compreenda o significado de termos científicos como ponto de orvalho e umidade relativa do ar.

Atividade Experimental 12: Formação de geada

Trata-se de um outro experimento de simples realização onde os alunos podem verificar em que condições ocorre a formação de geada (Apêndice E.12). É discutido também com os alunos o fato do ponto de fusão da água diminuir à medida que a ela acrescentamos sal de cozinha.

➤ Transmissão do calor

Este é o último conteúdo previsto na aplicação desta proposta e, diferentemente dos demais, é apresentado na forma de uma página na internet (SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2005b). A Figura 4.6 mostra a página inicial onde é apresentado este conteúdo.

Física Térmica

[Página Inicial](#)
 [Introdução: Energia](#)
 [Calor e Temperatura](#)
 [Mudança de Estado Físico](#)
 [Transmissão do Calor](#)

Navegar

Transmissão do Calor

Condução

Condutores e Isolantes

Convecção

Radiação

Coletor Solar

Garrafa Térmica

Brisas

Efeito Estufa

Guias de Experimentos

Textos

Teste seus Conhecimentos

O diagrama apresenta um mapa conceitual sobre a transmissão do calor. No topo, um oval centralizado contém o texto 'Transmissão do Calor'. Abaixo dele, três ovais conectados por linhas representam os modos de transmissão: 'Condução', 'Convecção' e 'Radiação'. A partir de 'Condução', duas linhas descendem para dois outros ovais: 'Condutores e Isolantes' e 'Exemplos'. De 'Condutores e Isolantes', uma linha desce para 'Teste seus Conhecimentos'. De 'Exemplos', duas linhas descendem para 'Coletor Solar' e 'Garrafa Térmica'. De 'Convecção', uma linha desce para 'Exemplos' e outra para 'Fenômenos Naturais Relacionados'. De 'Radiação', uma linha desce para 'Fenômenos Naturais Relacionados'. De 'Fenômenos Naturais Relacionados', duas linhas descendem para 'Efeito Estufa' e 'Brisa Marítima e Terrestre'. No canto inferior direito do diagrama, há uma assinatura: 'A. B. S. S. S.'.

Denise Borges Sias - denise@cefetrn.tche.br
 Rejane Maria Ribeiro Teixeira - rejane@ifufg.br
 Abril de 2005

Figura 4.6: Página de abertura sobre transmissão do calor.

De modo semelhante ao ocorrido com os outros conteúdos trabalhados, aqui também se teve a preocupação em contextualizar a Física apresentada, relacionando-a a diferentes fatos e situações, procurando assim criar condições para que o aluno consiga adquirir mais facilmente os significados desta disciplina. Porém aqui, os alunos podem seguir o texto em qualquer ordem passando por algumas das animações e teste elaborados em Flash MX, pela autora desta dissertação. A Figura 4.7 mostra uma das animações e uma das questões do teste. É importante ressaltar que o uso destas animações é feito como um recurso ilustrativo no estudo deste assunto, mas que não tem a intenção de substituir atividades experimentais.

No estudo deste assunto, utilizou-se também um artigo extraído do sítio Galera da Física (HALLAIS, 2005). As atividades experimentais relacionadas a este conteúdo serão relatadas a seguir.



Figura 4.7: Teste e animação sobre transmissão do calor elaborados em Flash MX.

Atividade Experimental 13: Absorção e reflexão da luz

Este experimento, descrito no Apêndice E.13, é realizado de maneira semelhante à atividade experimental 5 sobre resfriamento de um corpo. A idéia aqui é investigar a relação entre a reflexão da luz por superfícies de várias cores e texturas e a conseqüente variação de temperatura provocada pela absorção de energia. Também se pretende levar o aluno a perceber que os fenômenos de reflexão e absorção de energia ocorrem simultaneamente. Esta investigação é feita de forma que cada grupo coleta dados referentes a uma determinada situação e, após o término da coleta, estes dados são disponibilizados de forma que todos os grupos possam elaborar suas conclusões a respeito.

Atividade Experimental 14: Correntes de convecção

Nesta atividade (Apêndice E.14) os alunos, em grupos, podem visualizar as correntes de convecção, realizando na prática um experimento semelhante ao ilustrado na página sobre a transmissão do calor, clicando no item “teste seus conhecimentos” (Figura 4.6).

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA

Neste capítulo é feito um relato a respeito da implementação do material elaborado em sala de aula para duas turmas de ensino médio do CEFET-RS. Este relato é feito relativamente a cada atividade desenvolvida, detalhando a sua aplicação, como foi o envolvimento dos alunos e o interesse destes na sua realização. Inicialmente, na seção 5.1 são apresentados dados referentes ao questionário respondido pelos alunos no primeiro dia de aula que pode ser considerado como um perfil para cada uma das turmas. Posteriormente, na seção 5.2. é apresentado o relato da realização das atividades contidas neste trabalho.

5.1. Perfil das turmas

Com a intenção de conhecer melhor as duas turmas envolvidas na aplicação desta proposta, no primeiro dia de aula foi entregue aos alunos um questionário com algumas questões a respeito das suas experiências e expectativas com relação à disciplina de Física, assim como sua familiaridade com o uso de computador, da internet, etc. Este questionário encontra-se no Apêndice A e, nas Tabelas 5.1 a 5.3, são mostradas as respostas dos alunos aos questionamentos propostos.

As questões foram apresentadas aos alunos de forma que estes expressassem espontaneamente o seu pensamento. De modo a facilitar uma visão geral do perfil dos alunos, suas respostas foram agrupadas em categorias apropriadas, e os resultados apresentados em tabelas.

Devido ao fato de os alunos começarem o estudo da Física como disciplina do currículo neste nível de ensino, estes foram questionados com relação as suas expectativas no estudo da Física para os 3 anos de ensino médio (questão 3 do questionário). Na Tabela 5.1 são apresentadas as respostas dos alunos a este questionamento.

Tabela 5.1: Expectativas dos alunos em relação à disciplina de Física.

Qual a sua expectativa em relação à disciplina de Física nestes 3 anos de ensino médio?	Nº alunos	
	Turma 104	Turma 125
▪ Aprender para passar no Vestibular.	2	10
▪ Compreender fenômenos da natureza, fatos cotidianos e interessantes.	9	7
▪ Contribuir para formação futura (cursos futuros).	8	3
▪ Aprender os conteúdos apresentados.	7	5
▪ Aprovação	0	4
▪ Não possui expectativas / Não respondeu.	4	0

Um outro questionamento proposto foi em relação ao tipo de coisas que esperavam estudar nesta disciplina (questão 1.a do questionário) e os resultados estão mostrados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Expectativas dos alunos em relação a que estudar em Física.

Que tipo de coisas você espera estudar em Física?	Nº alunos	
	Turma 104	Turma 125
▪ Curiosidades, coisas interessantes, situações do dia-a-dia.	12	13
▪ Realização de Experimentos	2	1
▪ Cálculos e fórmulas	4	3
▪ Conteúdos específicos (espelhos, movimentos...)	4	5
▪ Não tem idéia	5	6
▪ Não respondeu	3	1

Foram feitos também outros questionamentos mais diretos aos alunos sobre suas experiências com relação ao estudo da Física e das aulas de ciências no primeiro grau assim como com relação ao uso do computador (questões 1.b, 2, 4 e 5 do questionário). As respostas a estes questionamentos são mostradas na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Respostas dos alunos a questões diversas. Os itens I, II, III e IV correspondem às seguintes respostas: I – SIM, II – NÃO, III – ÀS VEZES, IV – NÃO RESPONDEU.

Respostas Questões propostas	Turma 104				Turma 125			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Já leu ou ouviu falar algo sobre Física?	28	2	-	-	26	2	-	1
2. Já estudou Física?	29	1	-	-	28	1	-	-
3. Foi bom estudar Física?	15	10	-	5	18	7	-	4
4. No ensino fundamental o professor de ciências realizava experimentos?	17	13	-	-	9	20	-	-
5. A realização de experimentos (no ensino fundamental) ajudou no entendimento?	14	2	1	13	9	-	-	20
6. Você gostaria de realizar experimentos nas aulas de Física?	29	-	1	-	29	-	-	-
7. Possui computador em casa?	21	9	-	-	19	10	-	-
8. Possui acesso a internet?	20	10	-	-	15	13	1	-
9. Costuma navegar na internet?	18	9	3	-	14	11	4	-

Analisando os dados da Tabela 5.3 pode-se verificar que grande parte dos alunos já teve algum contato com a Física. Apenas dois alunos mencionaram não tê-la estudado na oitava série. A expectativa das turmas com relação à aprendizagem da disciplina é positiva (veja Tabela 5.1), pois a maioria dos alunos espera alcançar a aprendizagem dos conteúdos apresentados, seja para uma maior compreensão do mundo que os cerca, ou para contribuir para sua formação futura, ou para passar no vestibular ou, ainda, simplesmente a aprendizagem por si só dos conteúdos. Poucos alunos não possuem expectativas ou não as mencionaram. Na turma 125 todos os alunos expressaram expectativas, sendo que quatro alunos relataram simplesmente a aprovação na disciplina como expectativa, o que não ocorreu na turma 104. Quanto ao fato de ter sido boa a experiência de ter estudado Física (questão 3, Tabela 5.3) os alunos da turma 104 encontram-se divididos; enquanto na turma 125 um número maior de alunos relata ter sido boa esta experiência. Com relação à realização de atividades experimentais nas aulas de ciências no ensino fundamental (questão 5, Tabela 5.3), 17 alunos da turma 104 (cerca de 57%) relataram o uso de tais atividades, sendo que destes a imensa maioria considerou que os experimentos ajudaram no entendimento dos conteúdos. Porém, quando perguntados sobre que tipo de coisas esperavam estudar em Física (Tabela 5.2) apenas dois alunos citaram a realização de experimentos. Já na turma 125, o uso de

atividades experimentais nas aulas de ciências do ensino fundamental (questão 5, Tabela 5.3) não foi tão freqüente, pois apenas 9 alunos (cerca de 31%) relataram a sua utilização e destes todos consideraram o seu uso importante para o entendimento dos conteúdos. Embora espontaneamente poucos alunos incluíssem a realização de experimentos dentre suas expectativas no estudo da Física (Tabela 5.2), nenhum aluno se opôs à realização de experimentos nas aulas de Física (questão 6, Tabela 5.3), o que demonstra a total receptividade destes em relação a este método de ensino. Esta predisposição pelo uso de experimentos nas aulas da disciplina e pela aprendizagem dos conteúdos pode vir a auxiliar bastante a implementação desta proposta de ensino.

5.2. Relato das atividades desenvolvidas

A seguir é relatado de que forma foram desenvolvidas e implementadas as atividades planejadas. Algumas das atividades experimentais foram realizadas pelos alunos em pequenos grupos e outras, de forma coletiva. Neste segundo caso, toda a turma foi envolvida simultaneamente na realização e discussão do experimento, que foi apresentado de forma demonstrativa.

Apesar de os textos e os guias experimentais trabalhados com os alunos estarem disponíveis na página da disciplina no endereço da Internet do CEFET-RS, todo o material desenvolvido foi entregue a estes na forma impressa. Isto se deve tanto ao fato de muitos alunos não terem acesso à Internet fora da escola, como pode ser constatado na Tabela 5.3, quanto porque alguns textos trabalhados são extensos, dificultando sua leitura na tela do computador.

Neste momento é oportuno fazer algumas colocações sobre as atividades experimentais realizadas em grupos pelos alunos. Em função de se possuir apenas três dispositivos para coleta automática de dados, não seria possível que todos os grupos realizassem as atividades experimentais simultaneamente. Dessa forma desenvolveu-se a seguinte metodologia para estas aulas: em cada aula que estivesse programada uma atividade experimental a ser realizada em grupos pelos alunos, estes recebiam, juntamente com esta tarefa, uma lista de questões e problemas envolvendo o assunto em pauta. Assim, enquanto três grupos realizavam a atividade experimental, os demais trabalhavam na resolução destas

questões e problemas. Através de um sistema de rodízio, todos acabavam passando pelas atividades propostas. Com este tipo de metodologia as aulas nas quais os alunos simplesmente resolviam exercícios sobre o conteúdo apresentado passaram a ter paralelamente outro tipo de atividade, onde sempre tinham algum experimento para realizar e discutir. Esta dinâmica tornou as aulas de Física bem diferentes daquelas convencionais, em que todos os alunos sentam-se enfileirados e trabalham individualmente. Nesta nova forma de trabalho a movimentação na sala era intensa, onde grupos normalmente de quatro alunos distribuía-se em diferentes atividades. Para alguém alheio a este ambiente poderia parecer, à primeira vista, uma aula muito agitada, em que todos conversavam bastante, muitos alunos em pé em volta das mesas realizando experimentos ou circulando pela sala em busca de algum equipamento ou material necessário para sua montagem experimental. Entretanto, um olhar mais crítico facilmente revelaria que toda a movimentação e conversa naqueles momentos eram necessárias, devendo-se ao fato dos alunos estarem extremamente envolvidos com as atividades que estavam realizando. Em função desta nova dinâmica de trabalho, a professora acabou desempenhando um papel muito mais ativo em sala de aula, atuando como orientadora e como mediadora da interação dos alunos entre si e destes com o material instrucional.

A participação dos alunos nas diferentes atividades era tal que, em várias ocasiões, eles permaneciam na sala concentrados na sua realização mesmo após o término da aula. Os períodos de Física da turma 125, em um dos dois dias de aula, eram separados pelo recreio. Por escolha dos alunos, tornou-se freqüente a troca do horário de saída para o intervalo em função de que o grupo já houvesse terminado a atividade experimental proposta.

As fotos da Figura 5.1 retratam o envolvimento dos alunos durante as aulas de Física desenvolvidas com esta metodologia.

É importante salientar aqui que, apesar deste trabalho de mestrado ter como objetivo a inserção da aquisição automática de dados no laboratório didático de Física, existem dentre as atividades planejadas algumas em que tais dispositivos não foram utilizados. Estas atividades nas quais não foi feito o uso da aquisição automática de dados, não menos importantes, acredita-se que também devam ser vivenciadas pelos alunos.



(a)



(b)

Figura 5.1: Diferentes atividades realizadas pelos alunos nas aulas de Física. Em (a) os alunos trabalham em grupos, alguns utilizam o computador para organizar os dados coletados no experimento, enquanto outros discutem questionamentos propostos pela professora; e em (b) um grupo de alunos envolvidos na realização de uma atividade experimental.

Para os experimentos utilizando a aquisição automática de dados foi elaborado um guia simples de modo a facilitar a manipulação da calculadora gráfica no programa de coleta e análise dos dados a ser utilizado pelos alunos. Este guia encontra-se juntamente com os

guias experimentais no Apêndice E. O fato do menu da calculadora ser apresentado em inglês não foi obstáculo para os alunos, sendo que alguns viram isso como um incentivo para estudar o idioma.

É importante destacar que depois da realização e discussão do experimento nos grupos de alunos, as respostas aos questionamentos propostos na atividade experimental eram entregues à professora. Após estar a par das conclusões tiradas em cada grupo, esta realizava o fechamento da atividade com uma discussão envolvendo todos os alunos. Acredita-se na importância da realização deste fechamento da atividade com todo o grupo de alunos, pois este era um momento em que algumas dúvidas ainda existentes vinham à tona e podiam ser discutidas, além de ser fundamental a troca de relatos sobre as diferentes discussões surgidas em cada um dos grupos durante a realização do experimento. Estas discussões surgidas nos grupos durante a realização das atividades experimentais muitas vezes levavam os alunos a uma contextualização da Física além daquela esperada pela professora. Pode-se notar também, em muitos casos, a importância da realização de determinada atividade para que o aluno começasse a dar significado ao conteúdo em questão assim como o grande valor das discussões surgidas nestas situações para a promoção da evolução conceitual dos alunos.

Neste contexto, a interação aluno-aluno promovida pelo trabalho em grupos foi bem intensa, pois, ao ter de realizar um experimento dividindo tarefas com os colegas, os alunos começam a compartilhar dúvidas, idéias e divergências. Por exemplo, durante a atividade para determinação do calor específico do alumínio, ao observar a acentuada diminuição da temperatura da água no momento em que o bloco de alumínio é nela submerso, uma aluna, em um dos grupos, fez a seguinte observação aos colegas:

“Isto está acontecendo porque a temperatura da água está passando para o bloco de alumínio.”

Imediatamente um dos colegas chamou sua atenção para o fato de que a troca envolvida era de energia e não de temperatura. De maneira semelhante, na atividade para determinação do calor latente de fusão da água, na qual um cubo de gelo foi colocado em um copo com água, em outro grupo um aluno comentou:

“Neste caso o gelo está cedendo energia para a água.”

Este comentário gerou intensa discussão no grupo de alunos a respeito das trocas de energia. Estas situações em que surgem discussões no grupo são extremamente produtivas para o desenvolvimento cognitivo de cada aluno, pois é quando estes se encontram totalmente envolvidos com o fenômeno em estudo, confrontando seus conceitos prévios com as situações apresentadas.

Após este relato geral das atividades desenvolvidas, é realizada uma breve descrição ressaltando diferentes considerações a respeito de cada uma delas.

Introdução: Energia

Como já foi mencionado (seção 4.3.3) a apresentação pela professora de um texto introdutório na forma de palestra, foi realizada na primeira semana de aulas com a intenção de servir como um organizador prévio em relação aos conteúdos da Física Térmica. Pôde-se verificar, durante a apresentação das idéias contidas neste texto, uma participação efetiva dos alunos questionando e expondo suas curiosidades em relação aos conteúdos de Física. Acredita-se que discussões surgidas nesta apresentação serviram também de motivação para o estudo da disciplina.

Atividade Experimental 1: Equilíbrio térmico

Este foi o primeiro experimento proposto ao grupo. Trata-se de uma atividade coletiva na qual os alunos puseram à prova a concepção de que os objetos de metal encontram-se a uma temperatura mais baixa do que aqueles de madeira, mesmo estando em um mesmo ambiente. Ao tocarem objetos feitos de diferentes materiais os alunos, nas duas turmas, foram unânimes em afirmar que os objetos feitos de metal se encontravam a temperatura mais baixa do que os de madeira. Por este motivo a surpresa deles foi enorme em constatar, posteriormente, com o auxílio de um termômetro de mercúrio (veja Figura 5.2) que dois blocos idênticos, um de metal e outro de madeira, estavam à mesma temperatura. Esta grande surpresa demonstrada pelos alunos revela a importância desta atividade que, apesar de sua simplicidade, consegue fazer com que estes sintam necessidade de rever esta concepção. A realização desta atividade desencadeou também uma discussão a respeito de condutores e isolantes térmicos.



Figura 5.2: Blocos utilizados na atividade sobre equilíbrio térmico.

Atividade Experimental 2: Sensação térmica x temperatura

Nesta atividade os alunos deveriam colocar cada uma de suas mãos em recipientes contendo água a diferentes temperaturas. Eles estranharam o fato de tocar na mesma quantidade de água com as duas mãos e ter sensações térmicas diferentes. Isto demonstra que não tinham ainda refletido a este respeito e que a realização desta atividade foi importante para compreenderem que o tato não é um bom termômetro.

Atividade Experimental 3: Termômetros

Esta atividade foi realizada em duas partes. Na primeira delas, que tinha por objetivo levar o aluno a compreender tanto o funcionamento do termômetro de mercúrio quanto a diferença entre um termômetro clínico e um termômetro de laboratório, foi espantoso verificar que a maioria dos alunos nunca tinha manipulado um termômetro de mercúrio utilizado em laboratórios didáticos. Alguns alunos demonstravam até mesmo medo em pegar este instrumento e mergulhar na água quente e não sabiam qual das extremidades colocar em contato com a água. Um outro fato que acharam muito interessante foi verificar que ao tirar o termômetro do contato com a água quente a temperatura deste começava a variar diferentemente do que acontecia quando utilizavam o termômetro clínico para verificar a temperatura do colega. Estas constatações foram muito importantes para os alunos e motivaram discussões a respeito de equilíbrio térmico e limitações de utilização dos

instrumentos de medida. Já na segunda parte desta atividade, alguns alunos demonstraram receio em tocar o NTC, mas todos acabaram manipulando este sensor e constatando a variação da resistência elétrica com o aquecimento do sensor, ilustrado na Figura 5.3. Os alunos demonstraram interesse em verificar a existência de uma outra grandeza termométrica diferente da usada em termômetros de mercúrio. Neste momento surgiram dúvidas sobre resistência elétrica e a utilização do multímetro, assim como uma discussão sobre a necessidade de calibração do NTC para ser utilizado como termômetro e de como isto poderia ser realizado.

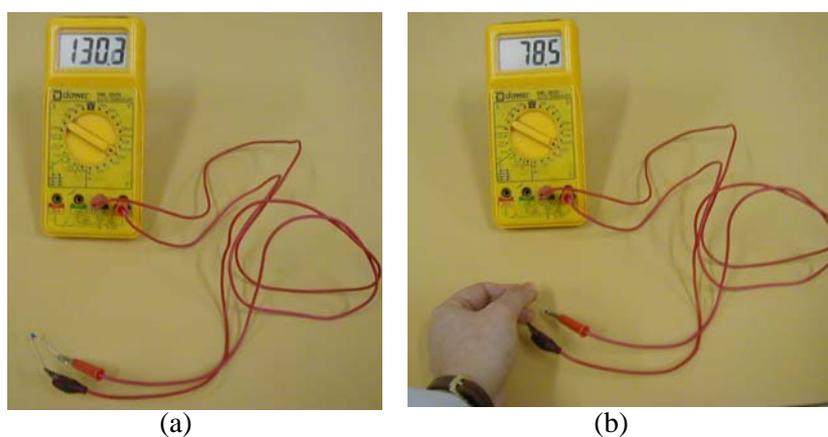


Figura 5.3: Leitura da resistência elétrica de um NTC (a) a temperatura ambiente, e (b) quando aquecido.

Atividade Experimental 4: Calor sensível: calorimetria

Os experimentos desta atividade foram realizados de forma coletiva, onde os alunos acompanhavam as medidas de temperatura através do equipamento mostrado na Figura 4.4. A atenção dos alunos ao que estava acontecendo foi grande, principalmente ao verificar a diferença na variação de temperatura de iguais quantidades de água e óleo, inicialmente a temperatura ambiente ao serem mergulhadas em água quente (Figura 5.4). O fato de substâncias diversas variarem sua temperatura de forma diferente pode ser bem simples para alguém que já estuda Física há algum tempo, mas verificou-se, através da reação dos alunos, que para estes é muito significativa a realização de uma atividade experimental na qual possam constatar isto.

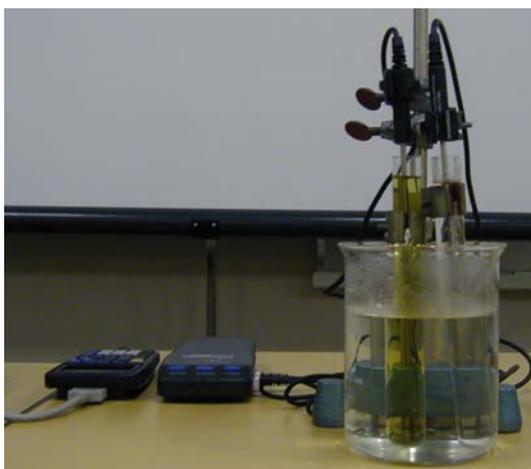


Figura 5.4: Quantidades iguais de água e óleo aquecidas igualmente.

Atividade Experimental 5: Resfriamento de um corpo

Este foi o primeiro experimento em que os alunos, em grupos, utilizaram a aquisição automática de dados, tendo sido realizado anteriormente à atividade experimental 6, na qual é feita a determinação do calor específico do alumínio através da curva de resfriamento. No final de cada experimento, os dados coletados através do sistema CBL foram digitados pelos alunos em uma planilha eletrônica, cada grupo dispondo de um computador. Esta etapa serviu para auxiliar os alunos a compreender a transposição para um gráfico dos valores expressos em uma tabela. Embora se tratando do primeiro contato direto dos alunos com o sistema de aquisição automática de dados e com a utilização de uma planilha eletrônica, eles não demonstraram muita dificuldade no seu manuseio. Isto se deve, em grande parte, ao fato do trabalho ter sido realizado em grupos. Em cada grupo, os alunos que apresentavam dificuldades eram auxiliados pelos colegas que já tinham trabalhado com planilhas eletrônicas ou que apresentavam maior facilidade em manipular a calculadora gráfica.

Assim como em outros experimentos, a discussão do fenômeno envolvido não ocorreu somente em um momento isolado após a coleta e organização dos dados, mas também ao longo do desenvolvimento da atividade. Durante a preparação do experimento e a coleta de dados surgiram discussões originadas por questões como:

“Por que não conseguimos começar o experimento com a mesma temperatura que o grupo ao lado?”

“O outro grupo já está com a temperatura muito mais baixa que a nossa!”

“Será que se ficarmos tocando com a mão no recipiente influenciará no resultado?”

Nestes momentos de discussão, fortemente estimulados pela professora, os alunos identificaram espontaneamente uma maior contextualização do que era por ela esperado. Como exemplo, os alunos que utilizaram 25 ml de água observaram que a temperatura inicial de sua coleta de dados foi mais baixa do que aquela dos grupos que usaram uma maior quantidade de água, embora soubessem que a água utilizada por todos estivesse originalmente à mesma temperatura. Isto foi relacionado por eles à ocorrência de uma maior perda de energia para o meio externo, devido a menor quantidade de água envolvida no seu experimento. Com relação a este fato uma aluna destacou que esta perda de energia poderia ter sido originada na transferência da água de um recipiente para outro, lembrando o que sua mãe costuma fazer, repetidamente, quando deseja esfriar um líquido mais rapidamente. Outro exemplo de situação de contextualização ocorreu quando um grupo, que coletou seus dados com o recipiente imerso em água, comparou seus resultados com os de outro grupo, que realizou a mesma coleta com o recipiente em contato com o ar. Neste processo, ficou claro para eles a influência do meio externo sobre o resfriamento de um corpo. Eles, então, associaram esta conclusão a um recurso que se usa para resfriar mais rapidamente determinado alimento, que é o de colocar o recipiente que o contém parcialmente imerso em água. Esta relação feita pelos alunos com o seu cotidiano certamente foi muito influenciada, senão totalmente, pelo fato deles próprios terem realizado o experimento com uma metodologia que fomenta a análise crítica e a interação social (aluno-aluno, aluno-professor).

Após a organização dos dados de seu experimento, os diferentes grupos trocaram seus resultados de forma que todos tiveram acesso aos resultados obtidos pelos demais grupos. A partir deste momento, cada grupo, de posse dos resultados obtidos nos diferentes experimentos, fez uma análise identificando quais os principais fatores que influenciam no resfriamento de um corpo. Foi interessante observar como os alunos se mostraram motivados pelo fato do resultado obtido por eles no experimento ser utilizado pelos demais grupos. Depois da análise dos resultados pelos grupos foi realizada uma discussão em sala de aula envolvendo toda a turma. Neste momento, após ouvir o relato dos alunos, a professora organizou as idéias que surgiram, acrescentando ainda outras situações do cotidiano. Ao final a professora organizou um texto sobre o assunto contendo os gráficos coletados pelos alunos, incluindo o resultado das discussões, disponibilizando-o na página da disciplina (SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2005c). Os alunos se mostraram entusiasmados pelo fato dos

resultados por eles obtidos, bem como pelas fotos tomadas durante a coleta de dados, fazerem parte de um texto divulgado em página na Internet.

Atividade Experimental 6: Calor específico

Na realização deste experimento constatou-se um grande envolvimento dos grupos de alunos. A discussão dos estudantes sobre a Física envolvida aconteceu desde a montagem do experimento, quando estes discutiam, por exemplo, por que o fato de segurar o bloco de alumínio com a mão interferiria no resultado ou, então, como resolver a tarefa de obter 75 ml de água a uma temperatura aproximadamente 10 °C acima da temperatura ambiente. Em dois grupos surgiu também uma discussão a respeito de como medir a temperatura ambiente pois, para estes alunos, não estava claro como isto deveria ser realizado. Também alguns alunos levantaram a questão de porque a temperatura ambiente da sala não era igual àquela registrada no painel eletrônico situado no saguão da escola. Durante a coleta de dados, os alunos se mostraram fascinados ao observarem a acentuada diminuição da temperatura da água no momento em que o bloco de alumínio é nela submerso, o que mostra o quanto este experimento foi significativo. A Figura 5.5 mostra o gráfico coletado por um dos grupos nesta atividade.

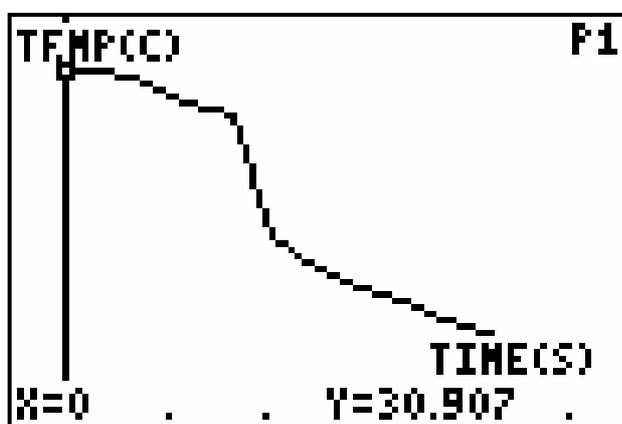


Figura 5.5: Gráfico coletado, com utilização do sistema CBL, por um dos grupos de alunos durante a realização do experimento para determinação do calor específico do alumínio. Esta figura mostra o gráfico da temperatura, medida em graus Celsius, versus o tempo, medido em segundos, como apresentado no visor da calculadora.

A consideração feita na determinação do calor específico do alumínio de que toda a energia cedida pela água é recebida pelo bloco de alumínio foi apontada pelos alunos como sendo uma aproximação, já que o copo de isopor utilizado no experimento não possuía tampa e por este motivo o sistema [água+bloco de alumínio] estava em contato direto com o meio

externo (o ar). O experimento sobre resfriamento de um corpo auxiliou os alunos a chegar a esta conclusão; como também os levou a constatar o seguinte: como a temperatura da água estava próxima da temperatura ambiente, a taxa de energia cedida pelo sistema [água+bloco de alumínio] para o ambiente era pequena, o que tornava razoável a aproximação feita. A realização deste experimento ajudou os alunos a darem um maior significado à resolução de problemas típicos de calorimetria nos quais todas estas considerações são feitas.

Atividade Experimental 7: Mudança de estado físico

Este experimento foi realizado de forma coletiva com a utilização de um projetor mostrado na Figura 4.4. Em questionamento feito aos alunos antes da realização desta atividade pôde-se constatar a unanimidade destes em afirmar que sempre que um corpo troca energia na forma de calor, sua temperatura varia. Ao observarem, em tempo real, a leitura da temperatura durante todo o experimento e principalmente o fato desta permanecer constante durante a mudança de estado físico, contrariando a concepção anteriormente afirmada por eles, os alunos deram início a questionamentos e discussões que serviram, então, de motivação para o estudo das mudanças de estado físico.

Atividade Experimental 8: Calor latente

De maneira semelhante ao experimento para determinação do calor específico do alumínio, este experimento utiliza a análise da curva de resfriamento para determinar o calor latente de fusão da água. Por este motivo os alunos já estavam familiarizados com algumas considerações em relação a aproximações realizadas. Neste experimento foi proposta a utilização de uma proveta graduada para medidas das quantidades inicial e final de água. Os alunos questionaram porque não poderiam utilizar um béquer para fazer esta medida, já que este também possuía graduação. Após as explicações de porque e como utilizar a proveta, pôde-se constatar um grande empenho dos alunos em realizar medidas corretas de volume, pois sabiam que isto seria importante para o resultado do experimento. A observação da acentuada diminuição da temperatura da água ao mergulhar nesta o cubo de gelo, ilustrada na Figura 5.6, foi motivo de comentários eufóricos dos alunos, pois neste caso a queda foi bem maior do que no experimento para determinação do calor específico do alumínio. Estes prontamente atribuíram a diminuição da temperatura da água bem mais acentuada neste caso à mudança de estado físico envolvida. Acredita-se que a realização desta atividade experimental contribuiu para uma maior compreensão dos alunos em relação aos problemas

envolvendo mudança de estado físico. Fotos de alguns grupos durante a realização deste experimento são mostradas na Figura 5.7.

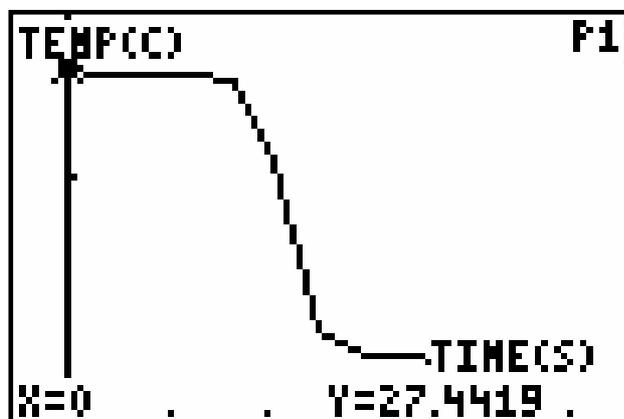


Figura 5.6: Gráfico coletado, com utilização do sistema CBL, por um dos grupos de alunos durante a realização do experimento para determinação do calor latente de fusão da água. Esta figura mostra o gráfico da temperatura, medida em graus Celsius, versus o tempo, medido em segundos, apresentado no visor da calculadora.



Figura 5.7: Alguns grupos de alunos durante a atividade experimental para determinação do calor latente de fusão da água.

Atividade Experimental 9: Resfriamento da água em um recipiente de cerâmica

Esta atividade é composta de duas partes, ambas foram realizadas de forma coletiva com a utilização do equipamento de projeção ilustrado na Figura 4.4. A primeira parte, referente à investigação sobre o resfriamento da água no interior de um recipiente de cerâmica, foi recebida como uma grande novidade pelos alunos. Muitos demonstraram surpresa, tanto ao verificar que a temperatura da água dentro deste recipiente diminuía com o passar do tempo, ilustrado na Figura 5.8, como em constatar a mudança no aspecto do recipiente que foi ficando umedecido externamente durante o experimento, como mostra a Figura 5.9. Devido ao fato de inicialmente não ter sido feito nenhum comentário a respeito do fenômeno físico envolvido, imediatamente após a constatação, em tempo real, da diminuição da temperatura da água no recipiente de cerâmica os alunos começaram a tentar explicá-lo. Na turma 104, um aluno que já havia lido a respeito apresentou para a turma, de forma correta, a explicação para este fenômeno; já na turma 125 a discussão sobre esta explicação estendeu-se um pouco mais.

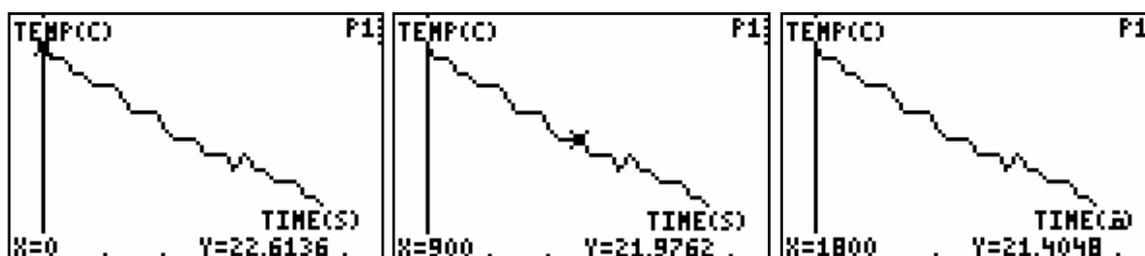


Figura 5.8: Gráfico da temperatura, medida em graus Celsius, versus o tempo, medido em segundos, apresentado no visor da calculadora em três momentos distintos durante a realização do experimento para investigar o resfriamento da água armazenada em um recipiente de cerâmica.



Figura 5.9: Recipiente de cerâmica contendo água em três momentos diferentes durante a realização do experimento.

Na segunda parte desta atividade experimental os alunos puderam acompanhar a diferença na taxa de resfriamento apresentado por dois sensores de temperatura: um deles foi envolvido em um algodão molhado com água e o outro em um algodão molhado com álcool. Após esta observação iniciou-se uma discussão a respeito de fatos do nosso cotidiano relacionados a este fenômeno assim como sobre os fatores que influenciam na velocidade de evaporação.

Atividade Experimental 10: Pressão de vapor

Os três experimentos que constituem esta atividade experimental foram realizados de forma coletiva. Enquanto as medidas de pressão de vapor da água e de sua temperatura em diferentes instantes de tempo eram realizadas pelo sistema de aquisição automática de dados, foram realizados os experimentos 2 e 3 propostos no guia experimental referente a esta atividade (Apêndice E.10). O experimento 2 provocou reação de espanto nos alunos que, inicialmente, não conseguiam compreender como podia acontecer da água quente contida no erlenmeyer fechado voltar à ebulição quando este era resfriado subitamente. Na realização do experimento 3 a reação não foi muito diferente, a maioria dos alunos pediu para tocar no recipiente em que a água estava em ebulição à temperatura ambiente, pois não acreditavam nesta possibilidade devido ao fato de não se estar fornecendo energia na forma de calor à água. Grande parte dos alunos considerou estranha a possibilidade de se ter água em ebulição à temperatura ambiente. Para estes, água em ebulição era sinônimo de água quente, com temperatura de 100° C. Após a realização dos experimentos 2 e 3, a atenção foi voltada para a coleta de dados envolvendo a pressão de vapor da água, discutindo-se, então, o significado dos dados ali coletados. Em aula posterior foi repetido o experimento para medida da pressão de vapor só que dessa vez utilizou-se o álcool. Os resultados obtidos foram comparados com aqueles coletados para a pressão de vapor da água. A realização destas atividades despertou um grande interesse e motivação nos alunos para o estudo do conteúdo.

Atividade Experimental 13: Absorção e reflexão da luz

Este experimento foi realizado paralelamente ao trabalho proposto na página sobre transmissão do calor e a atividade experimental 14, sobre correntes de convecção. Enquanto alguns grupos realizavam as atividades experimentais, outros se dedicavam aos assuntos abordados na página da disciplina sobre a transmissão do calor. Como neste experimento cada grupo ficou responsável pela coleta de dados utilizando uma folha de papel de cor e/ou

textura diferente, houve uma grande expectativa por parte dos alunos pelos resultados encontrados pelos demais grupos. Alguns alunos já tinham uma opinião sobre os resultados a serem encontrados e demonstravam-se curiosos por verificá-la. Como este foi o primeiro experimento em que foi utilizado o sensor de intensidade luminosa, os alunos se mostraram curiosos sobre o seu funcionamento, manipulando-o mesmo antes da realização do experimento, verificando a reflexão de diversas superfícies. Durante a realização do experimento um grupo de alunos levantou um questionamento a respeito do funcionamento das lâmpadas incandescentes, o que foi discutido posteriormente no grande grupo. A Figura 5.10 mostra alguns grupos de alunos durante a realização desta atividade.



Figura 5.10: Grupos de alunos durante a atividade sobre absorção e reflexão da luz.

Atividade Experimental 14: Correntes de convecção

Como já foi mencionado no relato da atividade anterior, este experimento foi realizado juntamente com a atividade experimental 13. Trata-se de um experimento simples em que os alunos puderam visualizar a formação das correntes de convecção com a utilização de uma pequena quantidade de permanganato de potássio (sal de cor púrpura). Situação semelhante a este experimento é apresentada, na forma de uma animação em Flash MX, associada a uma questão proposta na página da disciplina (SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2005d). Por esta razão, os alunos sentiram-se motivados para verificar na prática a diferença em se aquecer em diferentes regiões um tubo de ensaio contendo água com permanganato de potássio, semelhante ao mostrado na animação. A Figura 5.11 ilustra a animação citada.

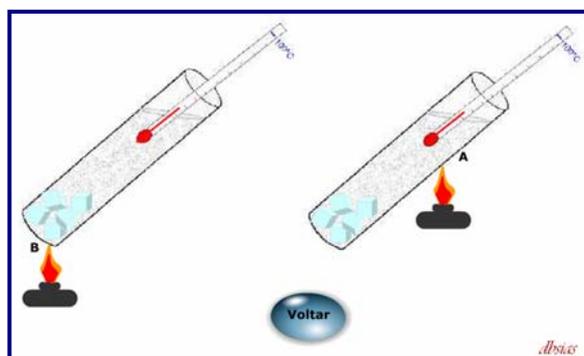


Figura 5.11: Ilustração de uma animação integrante de um questionamento sobre transmissão do calor proposto aos alunos na página da disciplina.

Oficina: Compreendendo a Física Térmica no nosso dia-a-dia através de atividades experimentais.

As atividades experimentais 11 (Medindo a umidade relativa) e 12 (Formação de geada) juntamente com uma atividade proposta no artigo “Transições de fase e experimentos metaestáveis” (Anexo), de autoria do Prof. F. L. da Silveira, foram realizadas como atividade extra classe na forma de uma oficina. A intenção inicial era realizar estas atividades com todos os alunos, em período de aulas normais, mas para não mudar o desenvolvimento dos conteúdos em relação às demais turmas do primeiro ano do ensino médio do CEFET-RS resolveu-se realizar estas atividades, referentes a conteúdos que não estão previstos no currículo normal, na forma de oficina extra classe. Em virtude da proximidade de greve que seria iniciada a partir de 24 de agosto de 2005, só foi possível realizar esta oficina com alunos

da turma 125. A sua realização com alunos da turma 104 está prevista para o retorno das aulas.

A oficina foi realizada em turno inverso às aulas destes alunos tendo a duração de 4 horas-aula e a participação de 12 alunos. A participação dos alunos pode ser considerada significativa, já que esta era uma atividade totalmente desvinculada das aulas normais da disciplina de Física, não sendo considerada na avaliação destes alunos e eles, ainda, teriam de se deslocar até a escola em turno inverso ao de suas aulas normais. Os alunos se mostraram totalmente receptivos às atividades propostas. Na primeira delas, após discussão inicial revendo alguns conceitos abordados nas aulas sobre mudança de estado físico e introduzindo o significado da medida da umidade relativa do ar, os alunos determinaram o valor da umidade relativa do ar através de um experimento simples. À medida em que a umidade relativa do dia era obtida pelos alunos, estes acessavam um sítio da Internet (THE WEATHER CHANNEL, 2005) de modo a comparar os dados ali divulgados com os seus resultados. Ao acessar este sítio da Internet os alunos sentiram-se curiosos e permaneceram certo tempo verificando as informações meteorológicas nele contidas assim como levantando alguns questionamentos.

Na segunda atividade proposta, utilizando também um experimento simples, iniciou-se uma discussão a respeito da formação de geadas. A partir daí, discutiu-se também, sem a preocupação de que a discussão fosse com muita profundidade, a formação de chuvas, de nevoeiros, de neve, etc..

A terceira e última atividade realizada nesta oficina referiu-se ao estudo do artigo “Transições de fase e experimentos metaestáveis” (Anexo), de autoria de F. L. da Silveira. Apesar de ser extenso, contendo 8 páginas, os alunos fizeram uma leitura atenta deste artigo, o que os levou também a uma série de questionamentos. Como um dos experimentos relatados neste artigo envolve a utilização de um forno de microondas surgiu uma discussão a respeito do seu funcionamento. Com a participação de todos os alunos foi realizado o experimento relatado no artigo envolvendo a superfusão do tiosulfato de sódio. Durante a realização deste experimento os alunos demonstraram interesse em acompanhar a mudança de estado físico de uma substância diferente da água, comumente utilizada nas atividades de sala de aula. A admiração foi grande por parte destes em verificar, durante o experimento, que o tiosulfato permanecia no estado líquido mesmo estando à temperatura inferior ao seu ponto

de fusão. A cristalização parcial do tiosulfato ao ser perturbado quando apresentava-se no estado de superfusão foi acompanhada com grande entusiasmo pelos alunos.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação de pré-teste e pós-teste. Também serão mostrados dados referentes ao questionário respondido pelos alunos sobre a avaliação das atividades realizadas.

6.1. Análise estatística dos resultados obtidos na aplicação do pré-teste e do pós-teste⁶

Os resultados apresentados aqui se referem, como mencionado anteriormente, à aplicação de um teste para averiguar as concepções prévias sobre o assunto abordado. Este teste foi aplicado em duas oportunidades: no primeiro dia de aula e ao final da aplicação desta proposta de ensino. Participaram, tanto do pré-teste quanto do pós-teste, 58 alunos⁷ cuja resposta a cada item das questões foi tabulado considerando escore 1 para resposta correta e, 0, para resposta incorreta. Como o teste constitui-se de 16 questões ao todo e cada questão possui três alternativas para que o aluno as classifique como falsa ou verdadeira, ao final são 48 itens analisados.

A partir destes resultados⁸ foi realizada uma análise de consistência interna através da determinação do coeficiente alfa de Cronbach. Este coeficiente avalia a fidedignidade de um teste aplicado a um determinado grupo para uma determinada situação, expressando a fração da variabilidade observada entre indivíduos que não pode ser atribuível a erros de medida, ou seja, variância verdadeira (MOREIRA; SILVEIRA, 1993).

Na Tabela 6.1 são mostradas algumas características do escore total, assim como o resultado do coeficiente alfa de Cronbach, no pré-teste e no pós-teste. Segundo Moreira e

⁶ A análise dos dados foi realizada com a utilização de uma planilha eletrônica no *Microsoft Excel*. Os resultados apresentados são compatíveis com os obtidos em uma análise realizada pelo prof. F. L. da Silveira utilizando o pacote estatístico *SPSS for Windows Release 11.5*.

⁷ Um aluno que não respondeu ao pós-teste foi excluído da análise.

⁸ Uma tabela com os resultados individuais do pré e do pós-teste pode ser encontrada no Apêndice F.1.

Silveira (1993), quando se pretende utilizar escores gerados pelo instrumento com finalidade de comparar grupos em médias, pode-se tolerar coeficientes da ordem de 0,7. Neste caso, observa-se que tanto no pré-teste, quanto no pós-teste, o escore total possui fidedignidade, isto é, mostra-se capaz de detectar diferenças entre escores totais dos respondentes que não podem ser atribuídas a erros de medida.

Tabela 6.1: Dados referentes à análise de consistência interna.

	Pré-teste	Pós-teste
População observada	58	58
Média do escore total	26,17	38,71
Desvio padrão do escore total	6,29	6,57
Coeficiente de fidedignidade do escore total (coeficiente alfa de Cronbach)	0,78	0,87

A seguir será apresentado o resultado de um teste estatístico que permite avaliar se as diferenças observadas entre dois grupos são reais ou meramente justificadas por fatores casuais. Neste caso utilizou-se o chamado teste t que é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos em termos de seus valores médios (BARBETTA, 2003).

Supondo-se, inicialmente, a hipótese de diferença de média igual a zero, ou seja, a média obtida no pós-teste não se altera em relação a média obtida no pré-teste, a probabilidade de significância, valor P na Tabela 6.2, aponta se os dados estão ou não em conformidade com esta hipótese. Se P for menor ou igual a ns (nível de significância estatística desejado) deve-se rejeitar tal hipótese, caso contrário, aceitá-la.

Tabela 6.2: Dados referentes ao teste-t: duas amostras em par para médias

População observada	58
Nível de significância estatística (ns)	0,0001
Hipótese da diferença de média	0
Graus de liberdade	57
Stat t	-14.6009388
Probabilidade de significância (P)	3.24004E-21

Observando os dados da Tabela 6.2 verifica-se claramente que a probabilidade de significância (P) é menor que o nível de significância estatística (ns), o que conduz a rejeição da hipótese de que não houve alteração da média entre o pré-teste e o pós-teste. Neste caso, a

probabilidade de se estar tomando a decisão errada é, no máximo, igual ao nível de significância adotado (0,01%).

Sendo assim, exclui-se a possibilidade de que a diferença observada de 12,5 acertos entre as médias do escore total do pré-teste e do pós-teste tenha ocorrido por acaso, concluindo-se por acreditar que realmente há um ganho do pré-teste para o pós-teste (veja apêndice F.2).

6.2. Comparação entre os resultados obtidos em cada questão no pré-teste e no pós-teste

A seguir, será apresentado em forma de diagrama de barras o resultado geral do número de citações consideradas como corretas pelos alunos nas três afirmativas de cada questão. Através da comparação das respostas obtidas no pré e no pós-teste, podemos acompanhar a evolução conceitual dos alunos durante a aplicação desta proposta.

De modo a facilitar esta comparação, em cada questão, a alternativa correta do ponto de vista científico encontra-se sublinhada.

01. Associamos a existência de calor

- a) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
- b) apenas àqueles corpos que se encontram "quentes".
- c) a situações nas quais há, necessariamente, transferência de energia.

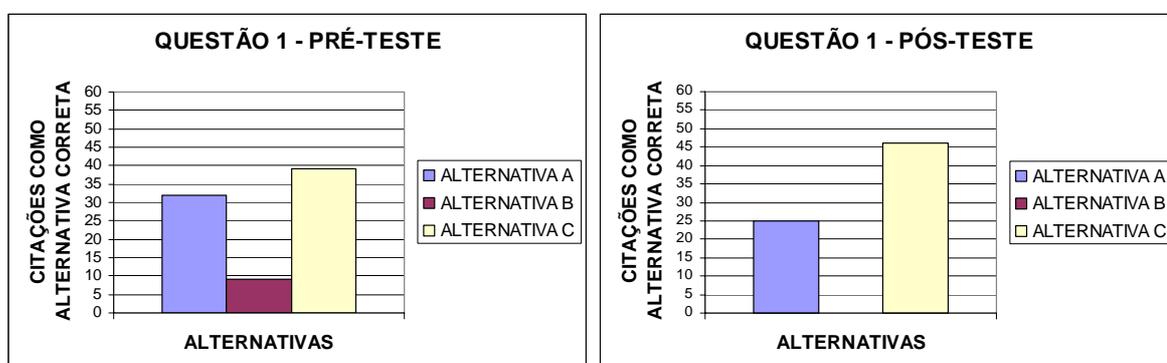


Figura 6.1: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 1

02. Para se admitir a existência de calor

- basta um único sistema (corpo).
- são necessários, pelo menos, dois sistemas.
- basta um único sistema, mas ele deve estar “quente”.

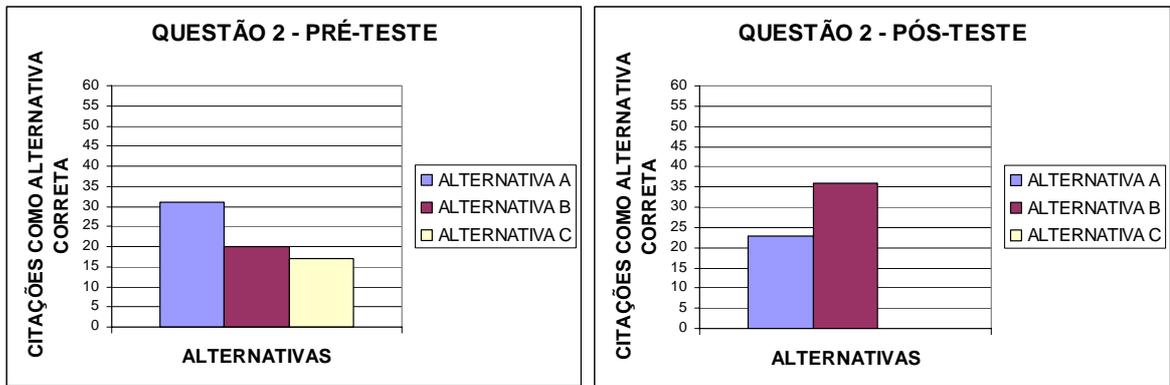


Figura 6.2: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 2.

03. No interior de um quarto que não tenha sido aquecido ou refrigerado durante vários dias,

- a temperatura dos objetos de metal é inferior à dos objetos de madeira.
- a temperatura dos objetos de metal, das cobertas e dos demais objetos é a mesma.
- nenhum objeto apresenta temperatura.

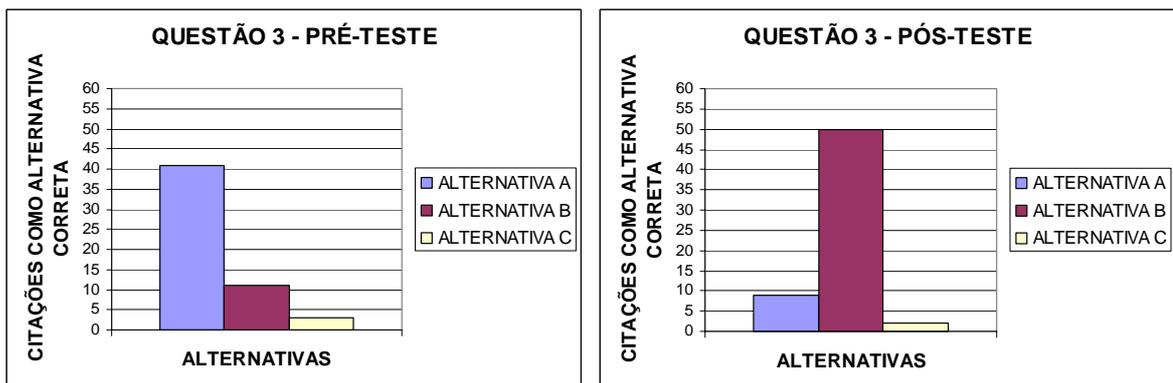


Figura 6.3: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 3.

04. A água (a 0°C) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a 0°C), contém, em relação ao gelo,

- mais energia.
- menos energia.
- a mesma energia.

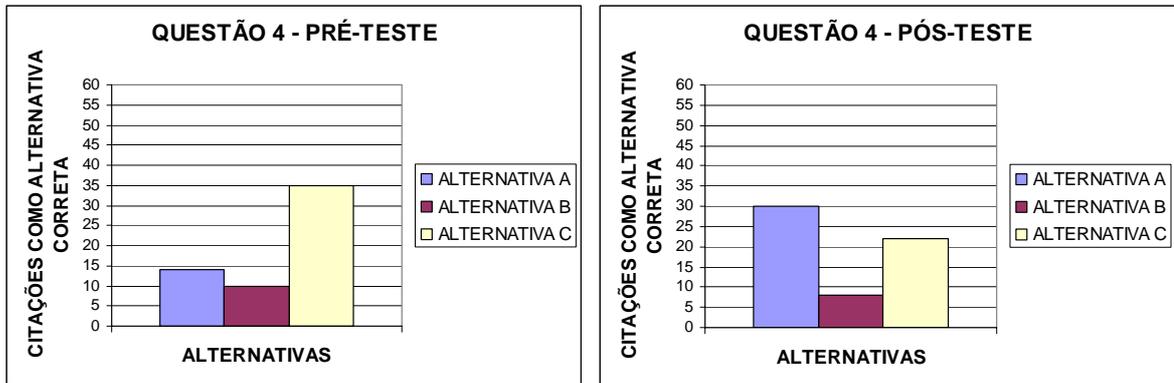


Figura 6.4: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 4.

05. No inverno prefere-se usar roupas feitas de lã porque esse tecido é muito eficiente em:

- evitar a transmissão de energia, “calor”, do nosso corpo para o meio externo.
- evitar a transmissão de energia, “frio”, do meio externo para o nosso corpo.
- aquecer o nosso corpo.

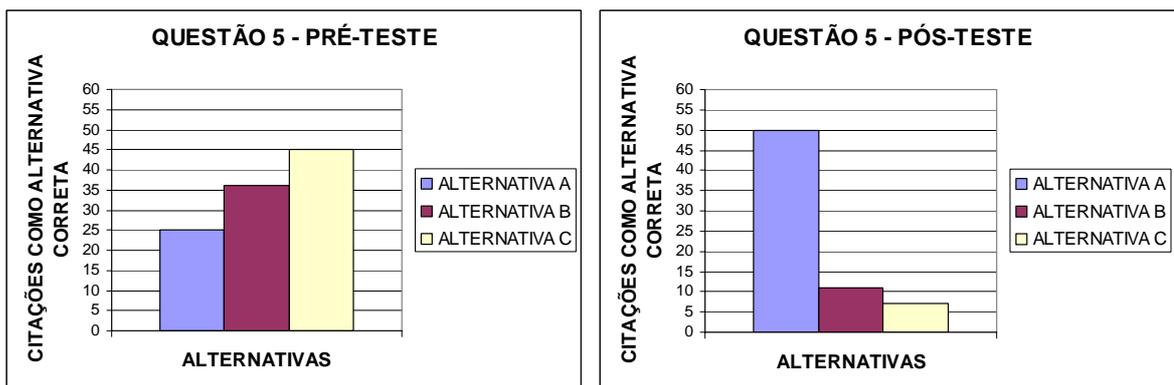


Figura 6.5: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 5.

06. Num forno a 60°C colocam-se dois corpos de substâncias diferentes: um de ferro e outro de madeira. Após um longo tempo, mede-se a temperatura dos dois corpos, verificando-se que:

- a temperatura do corpo de madeira é superior à do de ferro.
- a temperatura do corpo de ferro é superior à do de madeira.
- a temperatura dos dois corpos são iguais.

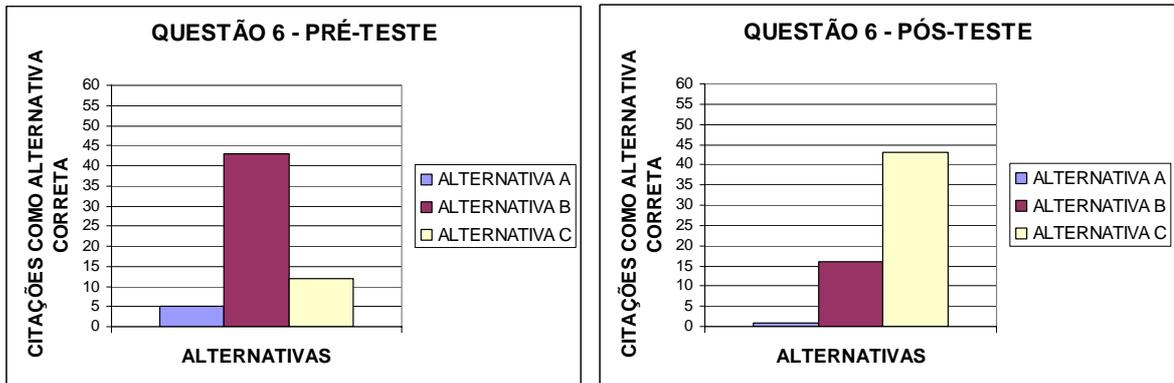


Figura 6.6: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 6.

07. Considere duas esferas idênticas, uma em um forno quente (a 150°C) e a outra em um refrigerador (a -10°C). O que as diferencia imediatamente depois de retiradas do forno e da geladeira?

- A quantidade de calor contida em cada uma delas.
- A temperatura em que cada uma delas se encontra.
- Uma delas contém calor e a outra não.

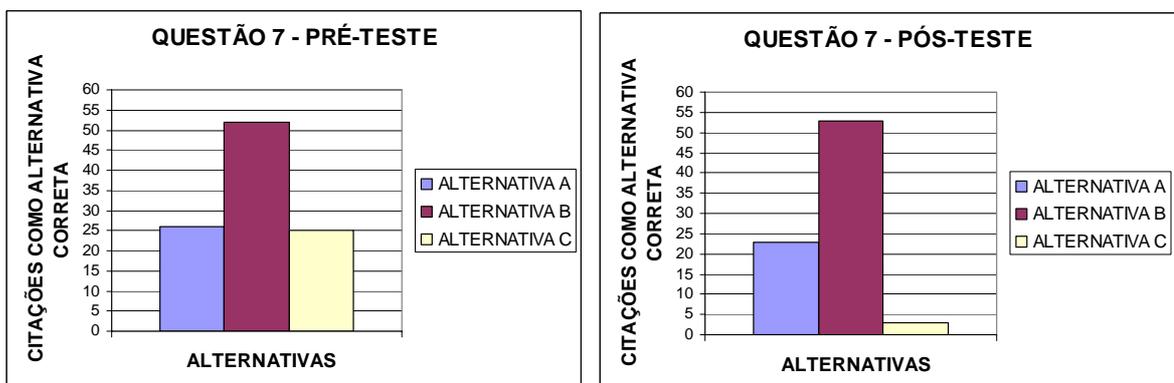


Figura 6.7: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 7.

08. Objetos de metal e de plástico são colocados no interior de um "freezer" que se encontra a -20°C . Depois de alguns dias pode-se afirmar que a temperatura dos objetos de plástico é:

- maior do que a dos objetos de metal.
- menor do que a dos objetos de metal.
- igual à dos objetos de metal.

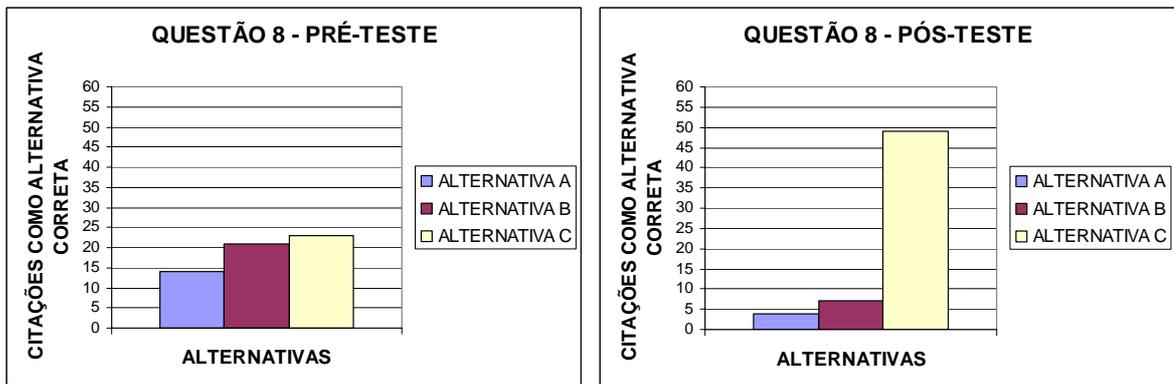


Figura 6.8: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 8.

09. Duas esferas de mesmo material, porém de massas diferentes, ficam durante muito tempo em um forno a 150°C . Ao serem retiradas do forno, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- O calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- A esfera de maior massa contém mais calor do que a de menor massa.
- Não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

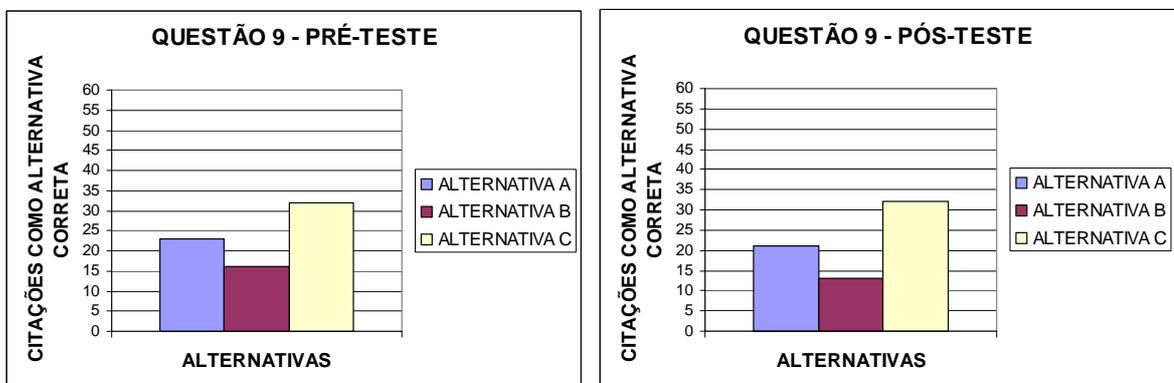


Figura 6.9: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 9.

10. As mesmas esferas referidas na questão anterior são agora deixadas durante muito tempo em uma geladeira a -10°C . Ao serem retiradas da geladeira, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- O calor contido nas esferas foi removido.
- O calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- Não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

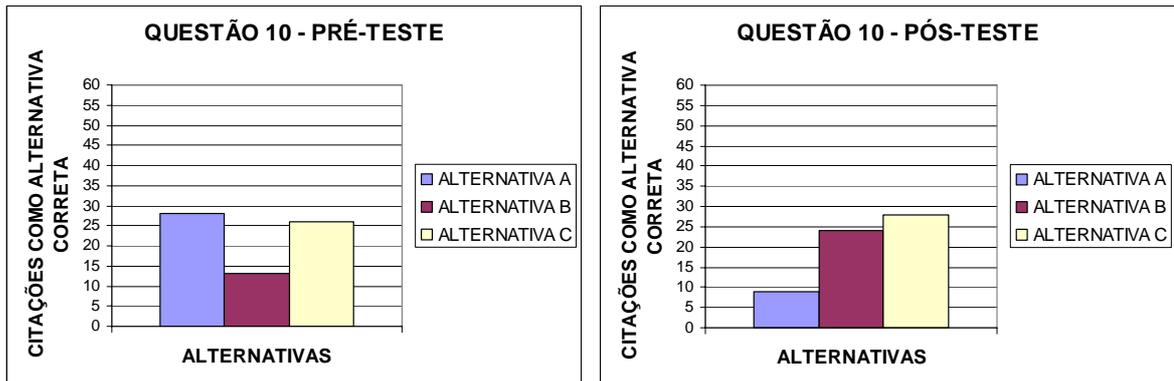


Figura 6.10: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 10.

11. Rui colocou sobre a chama de um fogão uma panela grande sem tampa cheia de água e após 25 minutos a água entrou em ebulição (100°C). Passados 10 minutos depois da água ter entrado em ebulição, continuando sobre a chama, a sua temperatura é:

- superior a 100°C .
- igual a 100°C .
- inferior a 100°C .

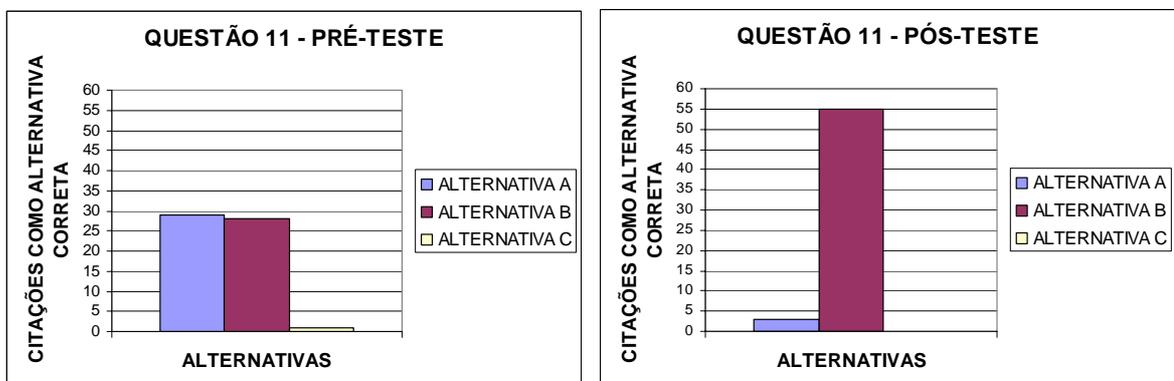


Figura 6.11: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 11.

12. Maria colocou um cubo de gelo na varanda num dia frio de inverno e outro junto à lareira. Ambos os cubos, passado algum tempo, começaram a derreter. De acordo com a situação descrita, a temperatura em que o gelo, que estava junto à lareira, começou a derreter era

- superior à temperatura em que começou a derreter o gelo que ficou na varanda.
- a mesma temperatura em que começou a derreter o gelo que ficou na varanda.
- inferior à temperatura em que começou a derreter o gelo que ficou na varanda.

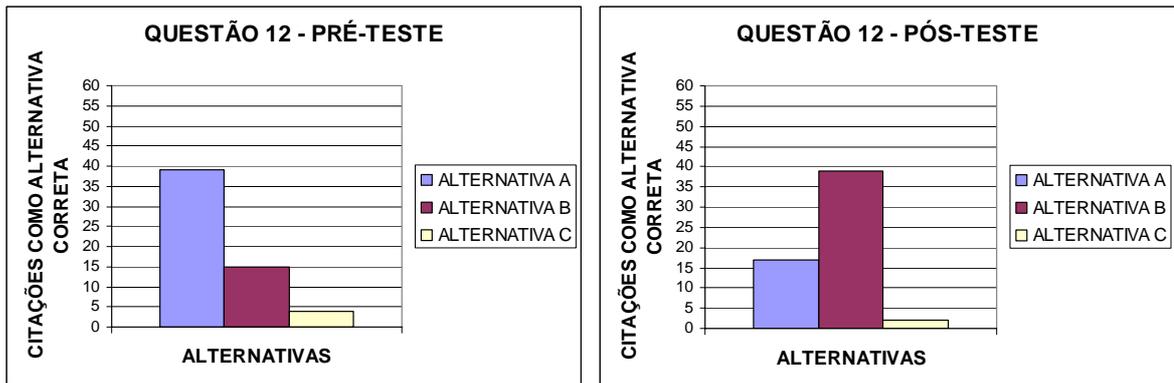


Figura 6.12: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 12.

13. Na casa de João o chão da cozinha é revestido de lajotas e o da sala de madeira. Ao caminhar descalço da cozinha para a sala, João tem a sensação de que o chão desta seja mais quente do que o da cozinha. Se João medisse com um termômetro a temperatura do chão da sala e do chão da cozinha, concluiria que:

- a temperatura do chão da cozinha era superior à do chão da sala.
- a temperatura do chão da cozinha era inferior à do chão da sala.
- a temperatura do chão da cozinha era praticamente igual à do chão da sala.

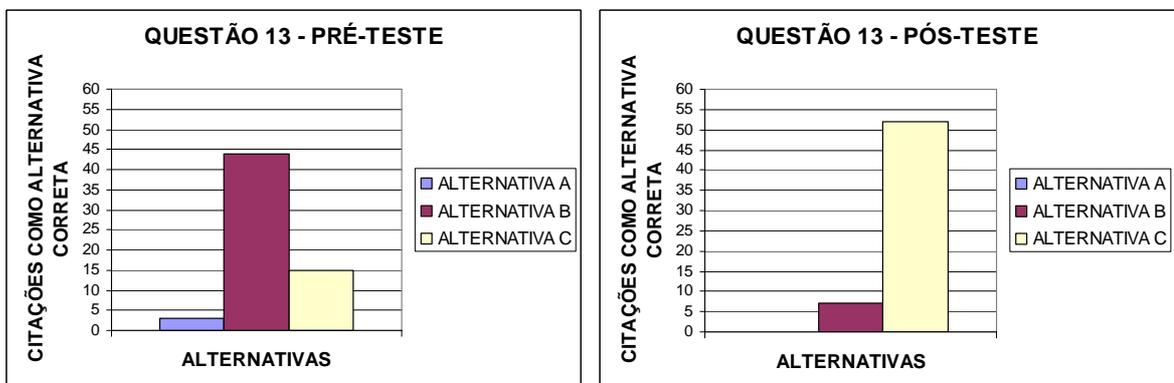


Figura 6.13: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 13.

14. João pôs sobre a chama do fogão uma panela cheia de água aberta (sem tampa) e ao lado, em outra chama igual, Luísa colocou uma panelinha sem tampa com uma quantidade inferior de água. A temperatura em que a água da panelinha começou a ferver foi

- superior à temperatura em que começou a ferver a água da panela de João.
- igual à temperatura em que começou a ferver a água da panela de João.
- inferior à temperatura em que começou a ferver a água da panela de João.

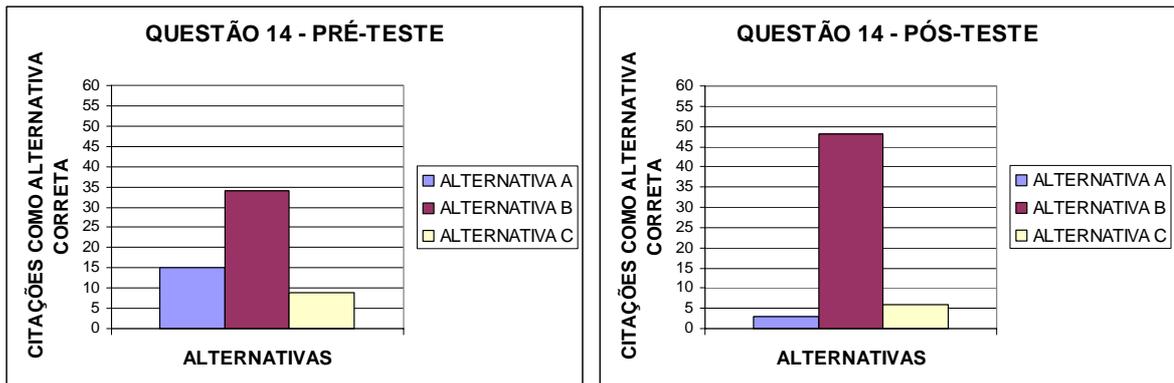


Figura 6.14: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 14.

15. Normalmente, quando queremos resfriar uma bebida, adicionamos a esta uma ou várias pedras de gelo. A bebida realmente se resfria porque

- o gelo transfere energia, “frio”, para a bebida.
- a bebida transfere energia, “calor”, para o gelo.
- tanto o gelo transfere energia, “frio”, para a bebida quanto a bebida transfere energia, “calor”, para o gelo.

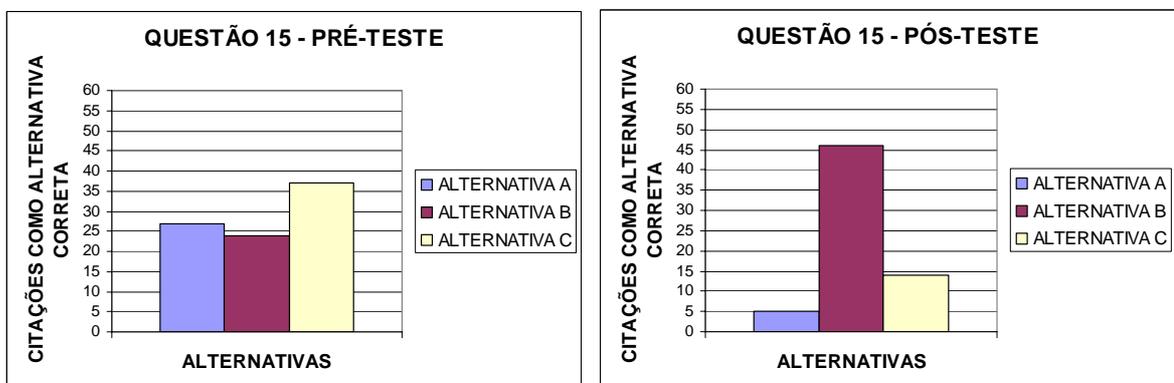


Figura 6.15: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 15.

16. Em um recipiente A misturam-se 40ml de água a 10°C com 40ml de água a 30°C e, em outro recipiente B, misturam-se 40ml de água a 80°C com 40ml de água a 90°C. Analisado as duas situações, pode-se dizer que a troca de energia entre as massas de água misturadas

- é muito maior no recipiente A.
- é muito maior no recipiente B.
- foi aproximadamente a mesma nos dois recipientes.

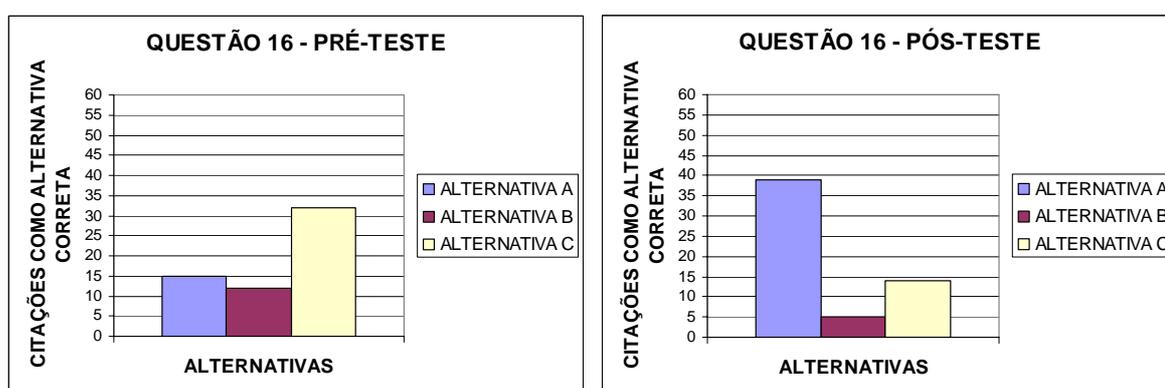


Figura 6.16: Número de citações de cada alternativa como sendo correta no pré-teste e no pós-teste para a questão 16.

Ao analisar os diagramas das Figuras 6.1 a 6.16 pode-se verificar que praticamente em todas elas a alternativa cientificamente correta possui um número maior de citações no pós-teste em relação ao pré-teste. Porém, mesmo assim, as demais alternativas ainda recebem citações, embora em número geralmente menor do que no pré-teste. Estas evidências mostram que muitos destes alunos não abandonaram totalmente suas concepções alternativas passando a adotar as concepções cientificamente corretas. Este é um comportamento esperado de acordo com o mencionado no capítulo 3 referente à fundamentação teórica. O que ocorre é que estes alunos se encontram em uma etapa em que estas duas concepções existem simultaneamente.

6.3. A opinião dos alunos

Ao descrever a implementação da proposta no capítulo 5 foi relatado o comportamento dos alunos durante a realização das atividades, quando se pôde perceber a grande motivação neles desencadeada para a discussão e a aprendizagem dos conteúdos abordados. Ao final da aplicação deste trabalho foi pedido aos alunos que respondessem também a um questionário com 13 afirmativas nas quais estes deveriam opinar se concordavam, concordavam em parte

ou discordavam. Os alunos foram orientados a responder este questionário de forma anônima de modo que pudessem se sentir mais à vontade para expor suas opiniões.

As respostas dos alunos a este questionário podem ser verificadas na Tabela 6.3, onde se pode constatar uma grande aceitação do trabalho desenvolvido.

Tabela 6.3: Respostas dos alunos a um questionário para avaliação da proposta

Opinião Afirmativas			
	Concordo	Concordo em parte	Discordo
1. Gosto de realizar experimentos nas aulas de Física.	57 (98%)	1 (2%)	0 (0%)
2. Considero as atividades experimentais realizadas nas aulas de Física interessantes.	52 (90%)	6 (10%)	0 (0%)
3. Gostaria de continuar com aulas experimentais em outros assuntos da Física.	56 (97%)	2 (3%)	0 (0%)
4. Aulas experimentais facilitam o entendimento dos conceitos físicos.	47 (81%)	11 (19%)	0 (0%)
5. Atividades experimentais ajudam a relacionar o conteúdo da Física com o nosso dia-a-dia.	48 (83%)	8 (14%)	2 (3%)
6. Gostei de utilizar o sistema de aquisição automática de dados.	50 (86%)	7 (12%)	1 (2%)
7. As aulas de Física com utilização da aquisição automática de dados se tornam interessantes.	42 (72%)	15 (26%)	1 (2%)
8. O dispositivo de aquisição automática de dados utilizado nos experimentos foi de fácil manuseio.	39 (67%)	16 (28%)	3 (5%)
9. Acho que a aquisição automática de dados deve ser utilizada no estudo de outros assuntos de Física.	50 (86%)	7 (12%)	1 (2%)
10. Gostei de utilizar a planilha Excel.	36 (62%)	16 (28%)	6 (10%)
11. Foi fácil a utilização da planilha Excel.	40 (69%)	15 (26%)	3 (5%)
12. O trabalho em grupo melhora o relacionamento com os colegas.	48 (83%)	9 (16%)	1 (2%)
13. O trabalho em grupo ajuda no entendimento dos conteúdos.	43 (74%)	12 (21%)	3 (5%)

Também foi feito, de forma aberta, o seguinte questionamento aos alunos: “Teve alguma atividade experimental que te chamou mais a atenção? Por quê?”. As respostas refletem o significado atribuído pelos próprios alunos à sua participação nas atividades experimentais e a relação desta com a aprendizagem da Física. Nas palavras dos próprios alunos:

“As atividades que usamos o dispositivo de aquisição de dados. Eu gostei porque é diferente e os experimentos se tornam interessantes e práticos.” (Aluno 1, Turma 104)

“Todas. Porque ã é a professora que faz o experimento e sim o aluno.” (Aluno 1, Turma 125)

“Sim, todas, pois trabalhamos e fazemos nós mesmos os experimentos, colhemos os resultados e tiramos nossas conclusões de nosso trabalho.” (Aluno 4, Turma 125)

“Foi a do cubo de metal, foi a que achei mais interessante pelo fato de visualizar no sistema de aquisição automática a decadência de temperatura ao colocar o cubo.” (Aluno 2, Turma 104)

“A do resfriamento, porque usamos várias coisas para ter um melhor aprendizado, como a planilha excel, o dispositivo de aquisição automática de dados, etc.” (Aluno 12, Turma 125)

“A do calor específico, pois só aí eu fui entender melhor o significado dele.” (Aluno 13, Turma 125)

“A do resfriamento, pois entendi mais com a atividade experimental a Física, como por exemplo: o calor específico e a capacidade térmica.” (Aluno 5, Turma 104)

“Todas as atividades foram muito interessantes e me ajudaram a entender mais sobre a matéria.” (Aluno 3, Turma 104)

“Todas, pois através delas é que eu entendo melhor, além disso é interessante o nosso aprendizado através desses experimentos.” (Aluno 4, Turma 104)

“A de coletar dados com o sistema de aquisição automática de dados e depois digitar no excel. Nos envolvemos com vários equipamentos e foi muito interessante.” (Aluno 5, Turma 125)

“Nenhuma em especial, achei todas de grande importância e utilidade para a compreensão do conteúdo.” (Aluno 6, Turma 104)

“Sim a atividade com a massa de gelo, facilitou muito o entendimento das mudanças de estados físicos.” (Aluno 15, Turma 125)

“Aquela das bacias com água, que a gente tinha que colocar as mãos. Achei bem interessante, pq cada pessoa teve uma sensação e isso foi muito legal.” (Aluno 7, Turma 104)

“A atividade sobre resfriamento, pois foi interessante conhecer os fatores que podem influenciar no resfriamento de um corpo.” (Aluno 10, Turma 125)

“Não tem uma específica, gostei de todas.” (Aluno 8, Turma 104)

“A da bacia com água. Porque é estranho ficar com a sensação contrária do que realmente é.” (Aluno 9, Turma 104)

“Eu achei todas bem interessantes, pois nos ajudou a entender melhor a física.” (Aluno 10, Turma 104)

“Não, acho que todas foram interessantes.” (Aluno 6, Turma 125)

“A atividade de resfriamento da água, pois com o resultado de todos os grupos disponíveis foi fácil de comparar e entender.” (Aluno 11, Turma 104)

“Sim, uma que a gente media o calor específico. Porque foi a que eu mais participei. Mas, me lembro de todas, por isso que é bom fazer experimentos, facilita o entendimento.” (Aluno 12, Turma 104)

“Foram todas muito boas, gostei de todas igualmente.” (Aluno 8, Turma 125)

“Aquele que se colocava o cubo de gelo dentro de um copo de isopor com água. Achei mais interessante porque foi a matéria que eu mais entendi e gostei.” (Aluno 13, Turma 104)

“O experimento do calor específico do alumínio, pois é interessante ver que o que aprendemos na teoria pode ser passado para a prática.” (Aluno 14, Turma 104)

“Não mas é interessante pois eu só acredito vendo.” (Aluno 15, Turma 104)

“Não. Todas foram interessantes e legais.” (Aluno 16, Turma 104)

“Acho que todas foram legais, gostei da do gelo, ajuda a entender melhor algumas coisas e tem haver com o dia-a-dia.” (Aluno 7, Turma 125)

“Sim, sobre as bacias com água morna e água com gelo, porque é aí que vemos que o nosso tato nos engana na maioria das vezes e percebemos que para medir com precisão temos que usar um termômetro.” (Aluno 17, Turma 104)

“Sim a de achar o calor específico; sim porque vimos na prática o tipo de precisão necessária para este fato.” (Aluno 18, Turma 104)

“Sim a que tinha que coloca uma mão na água quente e outra na água com gelo porque uma ação do dia-a-dia que não soubemos nos expressar corretamente.” (Aluno 2, Turma 125)

“Não, todas foram interessantes.” (Aluno 19, Turma 104)

“Gostei de todas, especialmente por deixar os alunos utilizarem o sistema de aquisição automática de dados.” (Aluno 20, Turma 104)

“Sim, aquela que nós coletamos dados e apresentamos na planilha excel.” (Aluno 9, Turma 125)

“Não teve nenhum em especial, gostei de todos, pois facilita o entendimento do conteúdo.” (Aluno 11, Turma 125)

“A atividade experimental de colocar as mãos na água quente e na água com gelo, porque é interessante as sensações que mudam rapidamente no nosso corpo.” (Aluno 14, Turma 125)

Como último item desta avaliação foi deixado um espaço para que os alunos, que assim o desejassem, expressassem livremente seus comentários e/ou sugestões em relação às aulas de Física. Abaixo estão transcritos comentários e/ou sugestões expressos por alguns alunos. É interessante verificar como a referência às atividades experimentais é constante na grande maioria dos depoimentos.

“Gostaria que esses trabalhos experimentais continuassem em todos os anos, as contas propostas ganham algum significado, e não só aquela coisa sem lógica.” (Aluno 6, Turma 104)

“É uma beleza! Adoro as aulas de física!” (Aluno 4, Turma 125)

“Bom como a maioria das pessoas acham, e eu também, a matéria é difícil, mas para tudo há um jeito, o jeito que a prof Denise nos mostra a física a torna menos complicada, pois estudamos a teoria e em seguida ela realiza a prática, assim com os vários aparelhos que existem no cefet fica muito melhor de aprender!” (Aluno 4, Turma 104)

“Eu acho que as aulas de Física são mais interessantes do que eu pensei, no meu antigo colégio existia as experiências mas não eram tão constantes.” (Aluno 19, Turma 104)

“Gostaria de continuar os outros anos utilizando o modo experimental nas aulas, pois só teoria torna a aula cansativa e com experiências nós entendemos melhor a matéria.” (Aluno 11, Turma 104)

“Acho que as aulas tem que continuarem assim, porque eu tive como compreender mais facilmente.” (Aluno 2, Turma 104)

“Bom, gostaria de comentar que gosto muito das aulas com experimentos e que ajuda a entender a matéria.” (Aluno 17, Turma 104)

“As aulas de Física são uma das mais interessantes pois são bastante participativas.” (Aluno 18, Turma 104)

“Tá bom. Não tenho nenhuma sugestão.” (Aluno 1, Turma 125)

“Apesar de eu não saber tudo o que se deve para ser um bom aluno eu gosto de participar dos experimentos e trabalhar em grupos.” (Aluno 3, Turma 125)

“Poderíamos fazer mais experimentos nas aulas.” (Aluno 8, Turma 125)

“Acho as aulas de Física legais, não tenho nada a sugerir.” (Aluno 9, Turma 125)

“São muito boas as aulas experimentais mas poderiam também ser utilizadas com outros elementos que não água. Os trabalhos em grupo são muito mais interessantes.” (Aluno 14, Turma 125)

“Gostaria de realizar experimentos que fossem para fabricar objetos relacionados com a matéria, é claro, o que despertaria interesse, creio eu, nos colegas.” (Aluno 3, Turma 104)

“Sugiro que as aulas experimentais continuem.” (Aluno 16, Turma 125)

Através tanto da leitura dos depoimentos dos alunos, como da observação do comportamento destes durante as diversas atividades, é possível constatar algo tão importante quanto a melhora no desempenho apresentado por estes no pós-teste mostrado pela análise estatística na seção 6.1, que é o envolvimento e a motivação promovidos pelas atividades experimentais.

Pôde-se verificar que a realização de atividades experimentais em grupos, principalmente através da utilização da aquisição automática de dados, contribuiu muito para que os alunos se sentissem envolvidos e responsáveis pela sua própria aprendizagem. Várias situações de discussão a respeito do assunto abordado surgiram durante a realização deste tipo de atividade. Também em várias ocasiões foi constatada a empolgação dos alunos ao chegar na sala e saber que naquela aula iriam realizar experimentos.

Isto demonstra que a metodologia utilizada pode favorecer a ocorrência de aprendizagem significativa, pois desperta no aluno motivação para o estudo de determinado

tema e/ou facilita a relação da Física com fatos do dia-a-dia. Um aluno motivado e pré-disposto a aprender é essencial para se evitar a simples aprendizagem mecânica e, de acordo com relatos aqui apresentados, isto pode ser despertado em situações como as aqui descritas.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste momento em que o ensino, de um modo geral, enfrenta sérios problemas, sabendo-se que, particularmente no ensino da Física, esta situação ainda é agravada por dificuldades a ele inerentes, é função do professor/pesquisador de Física buscar alternativas para tentar diminuí-las.

No caso especial do ensino de Física, a utilização de atividades experimentais constitui-se em uma das mais eficientes formas para se conseguir a contextualização, a compreensão e o envolvimento dos alunos com determinado assunto. Porém, para a real eficácia das atividades experimentais é preciso rever a sua prática. A atualização do laboratório didático de Física de acordo com as novas tecnologias vigentes pode, sem dúvida, contribuir para isso.

A utilização de dispositivos como CBL e calculadoras gráficas, conforme apontado no capítulo 2 referente à revisão da literatura, inexistem no ensino de Física no Brasil ou, se existentes, não estão divulgados na literatura especializada. Por outro lado, ao se fazer a revisão da literatura, foi possível verificar relatos positivos do uso deste tipo de dispositivo fora do Brasil. Tendo em vista a disponibilidade recente destes equipamentos no CEFET-RS, onde a autora é docente, percebeu-se, então, uma excelente oportunidade tanto para averiguar a sua receptividade pelos alunos, quanto para sua implementação e a possibilidade de disseminação de seu uso, abordando outros conteúdos por outros professores de Física, ou até mesmo, de outras disciplinas.

Pôde-se constatar, durante a implementação desta proposta, que os relatos entusiasmados, revelados em algumas publicações fora do Brasil, da utilização de dispositivos de aquisição automática de dados por alunos em aulas de Física não se constituíam, de forma alguma, em exagero. Através tanto da observação dos alunos durante atividades experimentais com estes dispositivos, quanto do depoimento destes após seu uso, é possível verificar o grande potencial desta nova tecnologia em promover uma maior motivação para o

estudo dos fenômenos físicos, além da possibilidade de uma melhor compreensão dos mesmos.

Com a utilização de dispositivos de aquisição automática de dados, como o que foi utilizado neste trabalho, é possível dar um novo significado ao uso de atividades experimentais no laboratório didático de Física, em particular no ensino médio. Em muitos experimentos uma coleta manual de dados torna-se muito maçante para os alunos, além do fato de que estes não poderiam ser coletados com tanta precisão, o que poderia conduzir, por exemplo, a uma construção gráfica equivocada. Também, neste caso, o tempo destinado à coleta e organização dos dados torna-se, por vezes, muito grande, restando pouco tempo para uma maior exploração do experimento através de discussões e contextualização dos conteúdos envolvidos. Muitas vezes pode acontecer de o aluno ficar tão absorvido na coleta e organização dos dados, preocupando-se simplesmente em obter “bons resultados” que deixa em segundo plano, ou até mesmo elimina, a possibilidade de discussão em torno de determinada montagem experimental, sobre o significado dos dados coletados ou, então, a respeito dos motivos de não ter encontrado o valor esperado de determinada grandeza física. Com a utilização da aquisição automática de dados têm-se a possibilidade de o aluno trabalhar com dados mais precisos, recebidos já organizados na forma de um gráfico ou de uma tabela, possibilitando, sem dúvida, uma maior exploração do fenômeno em si.

Durante a realização de um experimento, é possível perceber que o aluno é confrontado com diversas situações durante a montagem e análise dos dados coletados. A vivência destas situações é bastante significativa. Situações que para os professores parecem simples e banais, para alunos de ensino médio são de grande relevância e passam a servir como motivação extra no estudo dos conteúdos.

Durante a aplicação deste trabalho foi possível acompanhar as discussões surgidas nos grupos de alunos durante a realização das atividades experimentais, conforme relatadas no capítulo 5. Através destas, verificou-se o seu grande potencial em conduzir o aluno a um confronto direto entre o fenômeno observado e suas concepções prévias. Também se pôde notar um maior comprometimento dos próprios alunos na construção do seu aprendizado. Entende-se que todo este envolvimento dificilmente seria apresentado pelos alunos através da simples resolução de problemas com lápis e papel, ou então, através de práticas experimentais onde eles tivessem que coletar dados manualmente em experimentos, muitas vezes, demorados.

Neste caso, com a utilização do dispositivo de aquisição automática de dados, os alunos têm a possibilidade de acompanhar a coleta de dados em tempo real. Foi constatado, através de observações e, até mesmo do depoimento dos próprios alunos, o grande significado que teve para os mesmos o acompanhamento, em tempo real, da variação ocorrida com a temperatura em um determinado intervalo de tempo em alguns experimentos. Isto mostra a grande possibilidade e versatilidade destes dispositivos em criar uma maior motivação nos alunos para o estudo do fenômeno abordado.

Um outro aspecto relacionado ao desenvolvimento desta proposta que se considera importante é o do trabalho em grupo. Ao realizar uma atividade experimental dividindo tarefas com colegas, é iniciado um processo de compartilhamento de dúvidas, idéias e divergências. O fato de nem sempre todos os membros de um grupo compartilharem dos mesmos significados sobre um determinado assunto propicia momentos em que surgem discussões no grupo. Estas discussões são extremamente positivas para o desenvolvimento cognitivo de cada um. O professor surge, então, como aquele que já detém os significados considerados corretos e que orienta estas discussões de forma que os alunos possam vir a compartilhar dos mesmos. Neste processo o aluno acaba por construir o seu próprio conhecimento, sem ficar na dependência de respostas prontas e rápidas a qualquer questionamento por parte do professor.

Muitas vezes a interação aluno-aluno pode ser tão rica em facilitar a evolução conceitual dos alunos, quanto é a interação aluno-professor. Devido à heterogeneidade dos componentes de um grupo, muitas vezes o estudante que já compartilha do conhecimento cientificamente correto pode levar os colegas a compartilharem do mesmo. Verificou-se que durante este tipo de atividade é comum a abordagem, por parte dos alunos de novas situações de contextualização, assim como o surgimento de questões interessantes sobre o assunto em pauta além daquelas já abordadas pelo professor. É possível o surgimento de discussões sobre conteúdos que nem estavam previstos inicialmente.

Ao propor experimentos no ensino médio, o professor deve ter claro que a principal função destes deve ser levar o aluno a um maior entendimento dos fenômenos físicos. A expectativa é de que este tipo de situação conduza o aluno a uma maior interação com o conteúdo abordado, tendo condições de levá-lo a uma evolução conceitual através do compartilhamento dos significados cientificamente corretos. Isto pode criar também uma relação mais afetiva do aluno com a Física, a partir do momento em que este consegue um

entendimento maior do fenômeno estudado, constatando sua relação com fatos do seu dia-a-dia. Esta relação afetiva do aluno com a disciplina não é um fato comum; normalmente a grande maioria dos alunos não considera esta uma disciplina muito atraente e atribuem este sentimento justamente à grande dificuldade apresentada no seu entendimento.

Entende-se que as constatações citadas em relação à implementação desta proposta são significativas, pois se referem a resultados obtidos com duas turmas regulares de ensino médio. O fato de uma das turmas possuir 30 alunos e, a outra, 29 alunos fez com que não fosse utilizado um número ideal de alunos em cada um dos grupos, que seria de 3 alunos por grupo ou, até mesmo, trabalho em duplas. Em vez disso, os alunos foram agrupados em grupos de 4 alunos. A utilização da metodologia envolvendo os grupos em diferentes atividades foi necessária devido ao fato do CEFET-RS possuir apenas três sistemas de coleta de dados. Em situação ideal, em que sejam possíveis grupos menores e toda a turma realizando simultaneamente as atividades experimentais, espera-se que os resultados sejam ainda mais animadores.

De acordo com a experiência relatada neste trabalho de dissertação, constata-se que a inclusão da aquisição automática de dados em aulas experimentais de Física no ensino médio pode contribuir muito na melhora da qualidade de ensino desta disciplina, desde que a metodologia seja apropriada. Recomenda-se esta como uma das possibilidades de atualização do laboratório didático na tentativa de formar alunos mais críticos e envolvidos com sua própria aprendizagem. Acredita-se, também, poder despertar o interesse pela ciência levando o aluno a perceber que esta faz parte do seu dia-a-dia.

Sabe-se que esta proposta foi desenvolvida e implementada em uma escola privilegiada pelos recursos que dispõe. É importante também mencionar aqui a grande dedicação exigida do professor na realização de aulas com atividades experimentais, principalmente com a utilização de novas tecnologias. Este comprometimento tem início muito antes da realização do experimento em sala de aula. Inicialmente é necessária uma pesquisa na literatura em busca de experimentos sobre determinado assunto, ou então, criatividade por parte do professor para propor situações novas. Após é preciso testar a montagem do experimento, sendo que muitas vezes são necessárias algumas adaptações de acordo com a realidade da sala de aula. Com a utilização da aquisição automática de dados, ainda é, muitas vezes, necessário fazer toda uma releitura do experimento adaptando-o ao uso desta tecnologia. Todo este processo exige tempo e dedicação do professor. Além da

montagem experimental, este ainda deve se preocupar com a forma de exploração do experimento pelos alunos através da elaboração de guias experimentais adequados. É fácil perceber que para um professor com carga horária elevada, muitas vezes tendo que se dividir entre duas ou mais escolas, esta não deve ser uma tarefa muito fácil de ser realizada. Além do fator tempo, existem também as condições dos laboratórios didáticos, que nas escolas públicas, em especial, são precárias.

No entanto, acredita-se que mesmo em condições menos favoráveis, atividades deste tipo devam ser incentivadas. A atualização dos métodos e materiais de ensino é necessária para sua melhoria e considera-se importante que os professores mesmo que hoje não tenham condições para implementação de um trabalho como este tomem conhecimento desta possibilidade. Pois somente desta forma poderão ter condições para optar pela busca por estes novos recursos.

Enfim, pretende-se que este trabalho contribua para promover melhorias no ensino de Física da instituição na qual foi implementado, o CEFET-RS. Espera-se também poder contribuir, através do relato desta experiência de ensino, para a promoção do uso de novas tecnologias no ensino de Física nesta e em outras instituições. Na aplicação desta proposta foi usado um sistema comercial de aquisição automática de dados, devido ao fato deste ser um equipamento disponível no CEFET-RS. Porém, é possível também a realização de atividades deste tipo através da construção de sistemas simples, podendo esta ser menos dispendiosa. Estes sistemas normalmente utilizam o microcomputador juntamente com sensores apropriados e *softwares* ou planilhas eletrônicas. Como exemplo, nas seguintes referências (VEIT, 2005) e (SILVA, 2005) podem ser encontradas orientações para este uso.

Quanto à divulgação deste trabalho junto ao CEFET-RS as perspectivas são muito boas, pois já está prevista a realização de seminários e oficinas com os professores da Coordenadoria das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (CINAT). Esta coordenadoria envolve os professores de Física, Matemática, Química e Biologia. Também está prevista a continuação da implementação desta proposta através de planejamento de atividades em outras áreas da Física. A divulgação de experiências relacionadas à aplicação desta metodologia foi publicada e/ou apresentada de acordo com as referências constantes no Apêndice H.

REFERÊNCIAS

ADIE, G. The impact of the graphics calculator on physics teaching. *Physics Education*, Bristol, v. 33, n. 1, p. 50-54, Jan. 1998.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, abr./jun. 2003.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 5-18, set./dez. 2004.

ASPETSBERGER, B.; ASPETSBERGER, K. Modelling and interpreting experimental data. 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics, Grécia, jul. 2002. Disponível em: <<http://www.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap357.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625 p.

BARBETTA, P. A. *Estatística aplicada às ciências sociais*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. 340 p.

BONAFINI, F. C. Tecnologia portátil e a reorganização do pensamento. 3rd International Conference on Engineering and Computer Education, São Paulo, mar. 2003. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/pgem/downloads/artigos/bonafini/ICECE-VERSAO%20FINAL-port.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

_____. CBL e calculadora gráfica: novos instrumentos integrando o ensino de matemática e física. VI EBRAPEM – Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, Campinas, nov. 2002. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/pgem/downloads/artigos/bonafini/Bonafini_Ebrapem-2002.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2005.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BORRAGINI, E. F. et al. Investigação e desenvolvimento de estratégias experimentais para a evolução conceitual em ensino de física. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas, out. 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/sys/resumos/T0156-1.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272, set. 2003.

GALERA da física. Disponível em: <<http://www.galeradafisica.com.br>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

GASPAR, A. *Experiências de ciências*. São Paulo: Ática, 2003. 327 p.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: orientações e justificativas a partir da teoria de Vigotski. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas, out. 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/sys/resumos/T0041-1.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

HALLAIS, A. C. *A terminologia e o corpo humano*. Disponível em: <<http://www.galeradafisica.com.br>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

IMPEDOVO, M. Matematica e ... fisica. I^o Convegno Internazionale Matematica easpetti interdisciplinari, Itália, abr. 1999. Disponível em: <<http://www.matematica.it/impedovo/articoli/Matematica%20e%20fisica.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

LORETTO, D. Os pequenos notáveis. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 210, p. 62-67, nov. 2004.

MATTOS, C.; GASPAR, A. Uma medida de calor específico sem calorímetro. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 45-48, jan./mar. 2003.

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. *Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem: a entrevista clínica e a validação de testes de papel e lápis*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993. 101 p.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999a. 195 p.

_____. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999b. 130 p.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 7, p. 30-34, maio 1998.

ROBINSON, P. *Conceptual physics: laboratory manual*. Reading: Addison Wesley Longman, 1987. 320 p.

SCHEFFER, N. F. Movimentos corporais, sensores, informática e representação matemática. 25ª Reunião Anual da ANPED, Caxambu, set. 2002. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/25/posteres/nilcefatimaschefferp19.rtf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

SIAS, D. B.; RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. *Física térmica*. Disponível em: <<http://www.cefetrs.tche.br/~denise>>. Acesso em: 05 dez. 2005a.

_____. *Transmissão do calor*. Disponível em: <<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/transmissaodocalor.html>>. Acesso em: 05 dez. 2005b.

_____. *Resfriamento de um corpo*. Disponível em: <<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/resfriamento.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005c.

_____. *Teste seus conhecimentos*. Disponível em: <<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/transmissaodocalor/testes.html>>. Acesso em: 05 dez. 2005d.

SILVA, L. F. da. *Uma experiência didática de inserção do microcomputador como instrumento de medida no laboratório de física do ensino médio*. 2005. 144 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A. Validación de um test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energia interna. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.14, n. 1, p. 75-86, 1996.

SILVEIRA, F. L. *Transições de fase e experimentos com estados metaestáveis*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/fis183/textos/superaquec/sa.html>>. Acesso em: 05 dez 2005.

THE WEATHER CHANNEL. *Tempo local*. Disponível em: <<http://br.weather.com/weather/local/BRXX0176>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

THOMAZ, M. F.; MALAQUIAS, I. M.; VALENTE, M. C.; ANTUNES, M. J. An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. *Physics Education*, Bristol, v. 30, n. 1, p. 19-26, Jan. 1995.

THORNTON, R. K. Tools for scientific thinking: microcomputer-based laboratories for physics teaching. *Physics Education*, Bristol, v. 22, n. 4, p. 230-238, July 1987.

TRUMPER, R. The physics laboratory: a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, Dordrecht, v. 12, n. 7, p. 645-670, Oct. 2003.

VEIT, E. A. et al. *Novas tecnologias no ensino de física no nível médio*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1998a. 191 p.

_____ *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998b. 194 p.

APÊNDICES

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO PARA CARACTERIZAÇÃO DAS
TURMAS**

QUESTIONÁRIO

1. a. Que tipo de coisas você espera estudar em Física?

b. Já leu ou ouviu falar algo sobre Física? (Descreva ou comente)

2. a. Você estudou Física no ensino fundamental?

b. Se estudou, em que série foi?

c. Qual(is) o(s) assunto(s) estudado(s)?

d. Foi bom estudar Física? Explique.

3. Qual a sua expectativa em relação à disciplina de Física nestes 3 anos de ensino médio? Ou seja, pretende aprender Física para o vestibular, para entender alguns fenômenos da natureza? Ou acha que não servirá para nada? Explique.

4. a. Durante o ensino fundamental o professor de ciências realizava experimentos em sala de aula ?

b. Caso tenham sido realizados experimentos, você achou interessante? Ajudou a entender alguma coisa?

c. Você gostaria de realizar experimentos nas aulas de Física? Explique o motivo.

5. a. Você possui computador em casa?

b. Possui acesso à internet?

c. Costuma navegar na internet?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Questionário para avaliação de proposta

Marca com um X a alternativa que melhor representa a tua opinião com relação às afirmativas propostas.

Opinião Afirmativas	 Concordo	 Concordo em parte	 Discordo
1. Gosto de realizar experimentos nas aulas de Física.			
2. Considero as atividades experimentais realizadas nas aulas de Física interessantes.			
3. Gostaria de continuar com aulas experimentais em outros assuntos da Física.			
4. Aulas experimentais facilitam o entendimento dos conceitos físicos.			
5. Atividades experimentais ajudam a relacionar o conteúdo da Física com o nosso dia-a-dia.			
6. Gostei de utilizar o sistema de aquisição automática de dados.			
7. As aulas de Física com utilização da aquisição automática de dados se tornam interessantes.			
8. O dispositivo de aquisição automática de dados utilizado nos experimentos foi de fácil manuseio.			
9. Acho que a aquisição automática de dados deve ser utilizada no estudo de outros assuntos de Física.			
10. Gostei de utilizar a planilha Excel.			
11. Foi fácil a utilização da planilha Excel.			
12. O trabalho em grupo melhora o relacionamento com os colegas.			
13. O trabalho em grupo ajuda no entendimento dos conteúdos.			

Teve alguma atividade experimental que te chamou mais a atenção? Por quê?

Comentários e/ou sugestões:

APÊNDICE C – TESTE DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS

ATENÇÃO! NÃO FAÇA MARCAS NESTAS FOLHAS. RESPONDA ÀS QUESTÕES DESTE TESTE NA GRADE EM ANEXO.

Análise atentamente cada uma das questões abaixo e classifique cada uma das alternativas em verdadeira (V) ou falsa (F):

01. Associamos a existência de calor

- a) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
- b) apenas àqueles corpos que se encontram "quentes".
- c) a situações nas quais há, necessariamente, transferência de energia.

02. Para se admitir a existência de calor

- a) basta um único sistema (corpo).
- b) são necessários, pelo menos, dois sistemas.
- c) basta um único sistema, mas ele deve estar "quente".

03. No interior de um quarto que não tenha sido aquecido ou refrigerado durante vários dias,

- a) a temperatura dos objetos de metal é inferior à dos objetos de madeira.
- b) a temperatura dos objetos de metal, das cobertas e dos demais objetos é a mesma.
- c) nenhum objeto apresenta temperatura.

04. A água (a 0°C) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a 0°C), contém, em relação ao gelo,

- a) mais energia.
- b) menos energia.
- c) a mesma energia.

05. No inverno prefere-se usar roupas feitas de lã porque esse tecido é muito eficiente em:

- a) evitar a transmissão de energia, "calor", do nosso corpo para o meio externo.
- b) evitar a transmissão de energia, "frio", do meio externo para o nosso corpo.
- c) aquecer o nosso corpo.

06. Num forno a 60°C colocam-se dois corpos de substâncias diferentes: um de ferro e outro de madeira. Após um longo tempo, mede-se a temperatura dos dois corpos, verificando-se que:

- a) a temperatura do corpo de madeira é superior à do de ferro.
- b) a temperatura do corpo de ferro é superior à do de madeira.
- c) a temperatura dos dois corpos são iguais.

07. Considere duas esferas idênticas, uma em um forno quente (a 150°C) e a outra em um refrigerador (a -10°C). O que as diferencia imediatamente depois de retiradas do forno e da geladeira?

- a) A quantidade de calor contida em cada uma delas.
- b) A temperatura em que cada uma delas se encontra.
- c) Uma delas contém calor e a outra não.

08. Objetos de metal e de plástico são colocados no interior de um "freezer" que se encontra a -20°C . Depois de alguns dias pode-se afirmar que a temperatura dos objetos de plástico é:

- a) maior do que a dos objetos de metal.
- b) menor do que a dos objetos de metal.
- c) igual à dos objetos de metal.

09. Duas esferas de mesmo material, porém de massas diferentes, ficam durante muito tempo em um forno a 150°C . Ao serem retiradas do forno, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- a) O calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- b) A esfera de maior massa contém mais calor do que a de menor massa.
- c) Não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

10. As mesmas esferas referidas na questão anterior são agora deixadas durante muito tempo em uma geladeira a -10°C . Ao serem retiradas da geladeira, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- a) O calor contido nas esferas foi removido.
- b) O calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- c) Não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

11. Rui colocou sobre a chama de um fogão uma panela grande sem tampa cheia de água e após 25 minutos a água entrou em ebulição (100°C). Passados 10 minutos depois da água ter entrado em ebulição, continuando sobre a chama, a sua temperatura é:

- a) superior a 100°C .
- b) igual a 100°C .
- c) inferior a 100°C .

12. Maria colocou um cubo de gelo na varanda num dia frio de inverno e outro junto à lareira. Ambos os cubos, passado algum tempo, começaram a derreter. De acordo com a situação descrita, a temperatura em que o gelo, que estava junto à lareira, começou a derreter era

- a) superior à temperatura em que começou a derreter o gelo que ficou na varanda.
- b) a mesma temperatura em que começou a derreter o gelo que ficou na varanda.
- c) inferior à temperatura em que começou a derreter o gelo que ficou na varanda.

13. Na casa de João o chão da cozinha é revestido de lajotas e o da sala de madeira. Ao caminhar descalço da cozinha para a sala, João tem a sensação de que o chão desta seja mais quente do que o da cozinha. Se João medisse com um termômetro a temperatura do chão da sala e do chão da cozinha, concluiria que:

- a) a temperatura do chão da cozinha era superior à do chão da sala.
- b) a temperatura do chão da cozinha era inferior à do chão da sala.
- c) a temperatura do chão da cozinha era praticamente igual à do chão da sala.

14. João pôs sobre a chama do fogão uma panela cheia de água aberta (sem tampa) e ao lado, em outra chama igual, Luísa colocou uma panelinha sem tampa com uma quantidade inferior de água. A temperatura em que a água da panelinha começou a ferver foi

- a) superior à temperatura em que começou a ferver a água da panela de João.
- b) igual à temperatura em que começou a ferver a água da panela de João.
- c) inferior à temperatura em que começou a ferver a água da panela de João.

15. Normalmente, quando queremos resfriar uma bebida, adicionamos a esta uma ou várias pedras de gelo. A bebida realmente se resfria porque

- a) o gelo transfere energia, "frio", para a bebida.
- b) a bebida transfere energia, "calor", para o gelo.
- c) tanto o gelo transfere energia, "frio", para a bebida quanto a bebida transfere energia, "calor", para o gelo.

16. Em um recipiente A misturam-se 40ml de água a 10°C com 40ml de água a 30°C e, em outro recipiente B, misturam-se 40ml de água a 80°C com 40ml de água a 90°C. Analisado as duas situações, pode-se dizer que a troca de energia entre as massas de água misturadas

- a) é muito maior no recipiente A.
- b) é muito maior no recipiente B.
- c) foi aproximadamente a mesma nos dois recipientes.

Referências

- As questões 01, 02, 03, 04, 07, 08, 09 e 10 foram extraídas, com permissão dos autores, da seguinte referência:
SILVEIRA, F. L. e MOREIRA, M. A. Validación de um test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.14, n. 1, p. 75-86, 1996.
- As questões 6, 11, 12, 13 e 14 foram baseadas em material gentilmente cedido pelas autoras Thomaz M.F. e Malaquias I.M e citado na seguinte referência:
Thomaz M.F.; Malaquias I.M.; Valente M.C.; Antunes M.J. An Attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. Physics Education, Reino Unido, v. 30, n. 1, p. 19-26, Jan. 1995.
- As questões 05, 15 e 16 foram elaboradas por Denise Borges Sias e Rejane Maria Ribeiro Teixeira.

APÊNDICE D – TEXTOS DE APOIO

D.1. INTRODUÇÃO - ENERGIA

A disciplina de Física é de fundamental importância, tanto para aqueles que pretendem se dedicar futuramente a áreas relacionadas às ciências exatas e suas tecnologias, quanto para qualquer pessoa que tenha curiosidade de compreender um pouco do mundo no qual vive.

Essa disciplina, no ensino médio, oferece as condições mínimas necessárias para o entendimento de diversos fenômenos presentes no nosso cotidiano.

Didaticamente, a Física pode ser dividida em alguns ramos:

- a Mecânica;
- a Óptica;
- o Eletromagnetismo;
- a Relatividade e a Mecânica Quântica, que compreendem a Física Moderna;
- e a Física Térmica que será objeto de estudo deste curso.

Seja qual for o ramo da Física em estudo, não há como escapar de falarmos em um conceito primitivo, não definido, denominado "Energia". E, realmente, o termo energia é algo que está sempre presente em nosso cotidiano. Por exemplo:

- ❖ todos os dias somos aquecidos pela "energia" solar;
- ❖ quase todos os dispositivos que utilizamos em nosso dia-a-dia como celular, computador, televisão, liquidificador, rádio,...necessitam de "energia" para funcionar;
- ❖ pagamos todos os meses a conta pela "energia" elétrica consumida;
- ❖ todo motorista deve estar atento para não ser pego desprevenido pela falta de combustível, pois todo veículo motorizado necessita de "energia" para se mover;
- ❖ para continuarmos vivos, nos alimentamos diariamente. Os alimentos ingeridos nos fornecem "energia" para realizar diversas atividades.

Dessa forma convivemos diariamente não só com a idéia de energia, mas também com a da sua transformação. Como exemplo, pode-se utilizar as situações já citadas.

- ✓ Sabe-se que a energia proveniente do sol é responsável por diversos fenômenos e pode-se dizer até que é transformada em vida no nosso planeta.
- ✓ Dispositivos como celular, computador, televisão, liquidificador, rádio,... transformam normalmente energia elétrica em outro tipo como energia sonora, de movimento, eletromagnética...

- ✓ A energia elétrica em nossas casas é transformada em vários tipos de energia: no chuveiro e na torradeira em energia térmica, nas lâmpadas também em energia luminosa, na máquina de lavar roupa em energia de movimento ...
- ✓ A energia que os automóveis utilizam para o seu trabalho mecânico provém da energia gerada pela queima de combustível.
- ✓ A todo o momento transformamos no nosso organismo a energia química devido a ingestão de alimentos em outras formas de energia como térmica e de movimento.

Todos esses fatos estão tão incorporados em nossa vida que normalmente acontecem sem merecer qualquer reflexão de nossa parte, passando despercebidos. Porém, a Física pode nos mostrar que pode ser muito interessante, além de útil, refletir um pouco a respeito desses assuntos.

Vemos, então, que a energia pode se apresentar sob diversas formas: energia química, energia de movimento, energia sonora, energia elétrica, energia atômica, energia nuclear, energia térmica, etc..

De acordo com a Física pode-se referir a maior parte destes tipos de energia como estando contidos em um corpo, porém nas transformações de energia de uma forma em outra existem dois tipos que são ditas energias em trânsito e por essa razão não podemos nos referir a elas como contidas em um corpo. Esses dois tipos são calor e trabalho. Por exemplo, quando utilizamos um ventilador temos energia elétrica sendo transformada em energia de movimento. Então, para transformar a energia elétrica em movimento é realizado trabalho, ou seja, chama-se trabalho à transferência de energia. De forma análoga, quando acendemos uma lareira esta, através da queima da madeira, transfere energia que aquece o ambiente, neste caso a transferência de energia é denominada calor.

Sempre que uma dada quantidade de energia de um certo tipo desaparece, um outro tipo de energia, em quantidade equivalente àquela desaparecida, aparece. Na verdade, nunca se observa o desaparecimento de energia, mas apenas a transformação de uma forma em outra. Estas observações constituem a base do Princípio Geral da Conservação da Energia, que pode ser enunciado da seguinte maneira:

“A energia pode ser transformada de uma forma em outra, mas não pode ser criada nem destruída; a energia total no Universo é constante.”

No nosso caso, começaremos estudando a parte da Física chamada de Física Térmica e, conseqüentemente, as transformações de energia relacionadas a esta área.

O envolvimento com fenômenos simples de nosso dia-a-dia, relacionados a esta área da Física acontece desde muito cedo quando ocorrem os primeiros contatos com a

sensação de quente e frio, quando num dia de inverno escolhemos um agasalho feito de lã para vestir, quando no verão colocamos gelo para refrescar a bebida, quando pensamos sobre vantagens do uso de uma panela de pressão ou de uma garrafa térmica, quando procuramos entender as brisas marinhas, ou ainda, quando surgem questões tais como:

- Existe algum perigo na utilização do forno de microondas?
- O que significa dizer que a umidade relativa do ar é 70%?
- Por que sentimos um certo mal-estar em dias muito quentes e úmidos?
- O efeito estufa é mesmo tão prejudicial?

D.2. ENERGIA INTERNA, CALOR, TEMPERATURA...

ENERGIA INTERNA

As moléculas¹ de um corpo estão em constante agitação. Essa agitação pode ser maior ou menor dependendo tanto da temperatura quanto do estado físico da substância observada. Também podemos verificar que estas moléculas sofrem e exercem força sobre suas vizinhas (força de coesão). Para substâncias no estado sólido, por exemplo, essa força é análoga àquela que atua num sistema de duas esferas unidas por uma mola. Nos estados líquido e gasoso a situação é diferente, como veremos adiante. Tanto a agitação das moléculas, quanto a interação entre elas influencia o estado físico de uma substância.

Podemos dizer, então, que a energia interna é a energia que um sistema de partículas possui em virtude tanto do seu grau de agitação, quanto da sua interação.

TEMPERATURA

Temperatura é uma grandeza física que está relacionada com o nível de agitação molecular. Para um dado material em um de seus estados físicos (sólido, líquido ou gasoso), quanto maior a temperatura, maior será a agitação térmica das moléculas constituintes. Entretanto, durante uma mudança de estado, por exemplo, quando a água passa da forma líquida para a forma de vapor, o grau de agitação molecular se altera sem que ocorra qualquer variação de temperatura.

TEMPERATURA E ENERGIA INTERNA

Vimos que a temperatura está relacionada com o grau de agitação das moléculas de um corpo; que a energia interna também está relacionada com a energia dos átomos ou das moléculas do corpo, embora não esteja associada somente à energia de movimento dos átomos ou das moléculas.

¹ Neste texto é feita referência ao comportamento das moléculas, isto se deve ao fato de que, neste momento, basta analisarmos sob este enfoque. De qualquer forma é importante ressaltar que moléculas são agregados de átomos e estes, por sua vez, são formados por partículas.

Para entender, mais claramente, a relação entre temperatura e energia interna vamos analisar a seguinte situação²:

Temos dois pacotes A e B contendo pedras. O pacote A contém 10 pedras e possui uma massa de 1,5 kg. O pacote B contém 2 pedras e possui uma massa de 1 kg. Com estas informações, responda as seguintes perguntas:

- 1) *Qual pacote possui maior massa, A ou B?*
- 2) *Quais as pedras que, em média, possuem mais massa, aquelas que estão em A ou as que estão em B?*

Podemos fazer uma analogia entre as respostas dadas por você para as questões acima e a relação existente entre temperatura e energia interna. Quando nos referimos à temperatura de um corpo, estamos nos referindo à energia individual média dos átomos ou das moléculas do corpo, da mesma forma que você respondeu à questão 2 dizendo que, em média, as pedras que estão em B possuem maior massa. Agora, quando nos referimos à energia interna estamos nos referindo à soma das energias de todas as moléculas do corpo, da mesma forma que você respondeu à primeira questão, dizendo que a massa de A é maior que a de B.

Através da diferença entre temperatura e energia interna é que podemos explicar porque é mais rápido ferver 1 litro do que 10 litros de água, ambos a mesma temperatura inicial e em uma mesma chama.

CALOR

Calor é uma forma de energia que se transfere de um sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura entre eles. É importante salientar que essa propagação se dá naturalmente dos corpos de maior temperatura para os de menor temperatura.



² A situação descrita foi baseada no texto p. 12 do livro Termologia e Óptica de Luiz Alberto Guimarães e Marcelo Fonte Boa.

D.3. EQUILÍBRIO TÉRMICO



Atividade Experimental!!!
O estudo deste assunto inicia-se através de uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em
<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/medidas.pdf>

Quando colocamos dois corpos a diferentes temperaturas em contato, verificamos que estes trocam energia na forma de calor, tendendo sempre a um estado final caracterizado pela igualdade de temperatura entre ambos. Este estado é denominado estado de equilíbrio térmico. Dessa forma sempre que dois ou mais corpos encontram-se à mesma temperatura dizemos que estão em equilíbrio térmico.

LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

Suponha três objetos A, B e C. Se A está em equilíbrio térmico com C e se B também está em equilíbrio térmico com C, então, podemos afirmar que A está em equilíbrio térmico com B. Isto é exatamente o que nos diz a Lei Zero da Termodinâmica em seu enunciado:

Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro, estão em equilíbrio térmico entre si.

Esta lei (ou princípio) é que nos possibilita medir temperaturas com auxílio de um termômetro. Quando queremos saber se dois corpos estão em equilíbrio térmico entre si podemos constatar isto verificando se ambos estão em equilíbrio térmico com um terceiro. Este terceiro corpo pode ser, então, o termômetro.

D.4. TERMÔMETROS

Atividade Experimental!!!

O estudo deste assunto inicia-se através de uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/bacias.pdf>

Termômetros são instrumentos utilizados para medir a temperatura dos corpos. Para se construir um termômetro necessita-se de uma substância e de uma grandeza física (pressão, volume, resistência elétrica,...), que varie com a temperatura. À substância utilizada na construção de um termômetro dá-se o nome de **substância termométrica** e à grandeza física dessa substância, que varia com a temperatura, **grandeza termométrica**.

Nos termômetros clínicos, por exemplo, a substância termométrica utilizada é o mercúrio e a grandeza termométrica é a altura da coluna de mercúrio que aumenta conforme aumenta a temperatura.

Hoje em dia é muito utilizada a medida de temperatura através de sensores do tipo termistores - aqueles em que a resistência elétrica varia com a temperatura. Nos experimentos realizados em nossas aulas, estaremos utilizando um desses sensores. Neste caso, utilizaremos um NTC Sensor, do inglês: *Negative Temperature Coefficient Sensor*, traduzindo: Sensor de Coeficiente Negativo de Temperatura. Isto significa que a grandeza termométrica, neste caso a resistência elétrica, varia inversamente com a temperatura, ou seja, a resistência à passagem de corrente elétrica destes materiais diminui à medida que a temperatura aumenta.

Você conhece algum outro tipo de termômetro? Faça uma pesquisa e discuta com seus colegas.

Em qualquer tipo de termômetro, antes de ser comercialmente utilizável é preciso se fazer uma calibração que consiste basicamente em relacionar as variações nas grandezas físicas medidas com variações de temperatura de uma substância conhecida. Por exemplo, a água possui pontos de fusão (derretimento do gelo) e ebulição (ponto de fervura) em um temperatura fixa a uma certa pressão. No nível do mar, onde a pressão é de 1 atm, estes pontos são 0 e 100°C, respectivamente.

Independentemente do tipo de termômetro utilizado (ou da grandeza termométrica utilizada) a idéia para se medir a temperatura de um corpo é sempre a mesma: coloca-se o termômetro em contato com o corpo que se quer medir a temperatura, espera-se até que o equilíbrio térmico seja atingido entre o corpo e o termômetro e, após, faz-se a leitura.



Atividade Experimental!!!

Neste momento será realizada uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tc.br/~denise/caloretemperatura/termometros.pdf>

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Para a construção de uma escala de temperatura necessitamos:

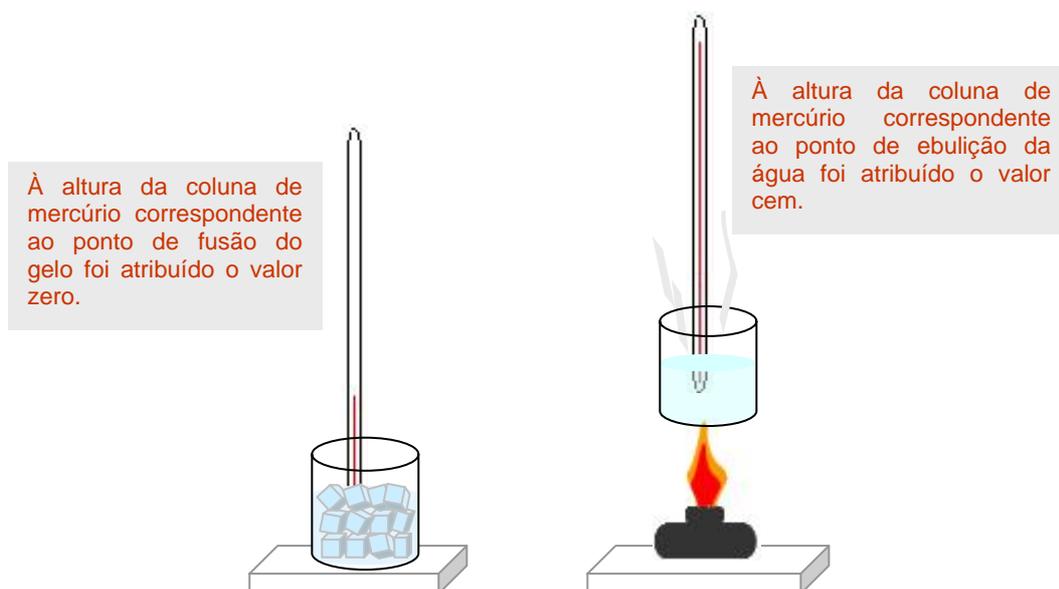
- de uma substância termométrica;
- de uma grandeza termométrica;
- estabelecer uma relação entre a temperatura e a grandeza termométrica escolhida (calibração);
- estabelecer dois pontos fixos³. Por exemplo, o ponto de gelo e de vapor da água;
- estabelecer o equilíbrio térmico entre a grandeza termométrica e os pontos fixos;
- atribuir valores arbitrários aos pontos fixos.

Atualmente temos, em uso, três escalas termométricas: a escala Celsius, assim chamada em homenagem ao astrônomo sueco Anders Celsius (1701-1744), a escala Fahrenheit, em homenagem ao físico alemão G. D. Fahrenheit (1686-1736), e a escala Kelvin, homenagem ao físico britânico Lord Kelvin (1824-1907).

Em nosso dia-a-dia a escala mais utilizada é a Celsius. Quando ouvimos a previsão do tempo, que no nosso caso é sempre apresentada nesta escala, conseguimos facilmente avaliar se a temperatura anunciada é alta ou baixa. A nossa noção de valores de temperaturas é construída de acordo com a escala Celsius.

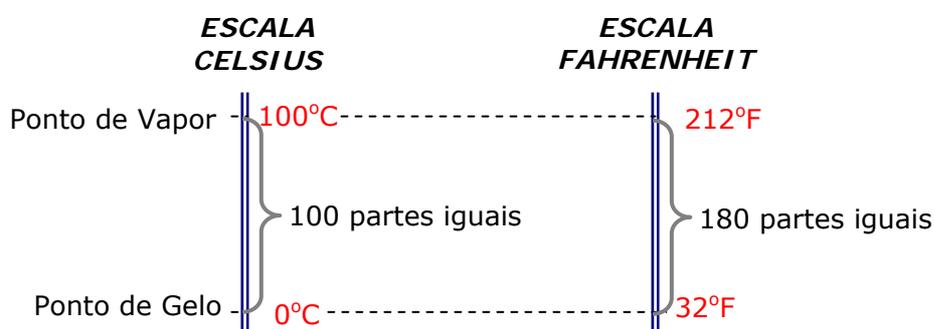
³ Se a relação entre a grandeza termométrica escolhida e a temperatura for uma reta, bastam dois pontos fixos.

A figura abaixo mostra como foi construída a escala Celsius (sob pressão de 1 atm).



Já os valores de temperatura na escala Fahrenheit não nos são familiares, pois esta escala atualmente é pouco utilizada. Alguns países de língua inglesa, como Estados Unidos e Inglaterra, ainda utilizam esta escala. A diferença entre as escalas Celsius e Fahrenheit está nos diferentes valores atribuídos ao mesmo ponto fixo.

Abaixo temos um esquema comparativo entre a escala Celsius e a escala Fahrenheit. A escala Celsius é dividida em 100 partes iguais, no intervalo entre os dois pontos fixos (ponto de gelo e de vapor), a escala Fahrenheit é dividida em 180, isto faz com que cada variação de 1 grau na escala Celsius corresponda a 1,8, na escala Fahrenheit.

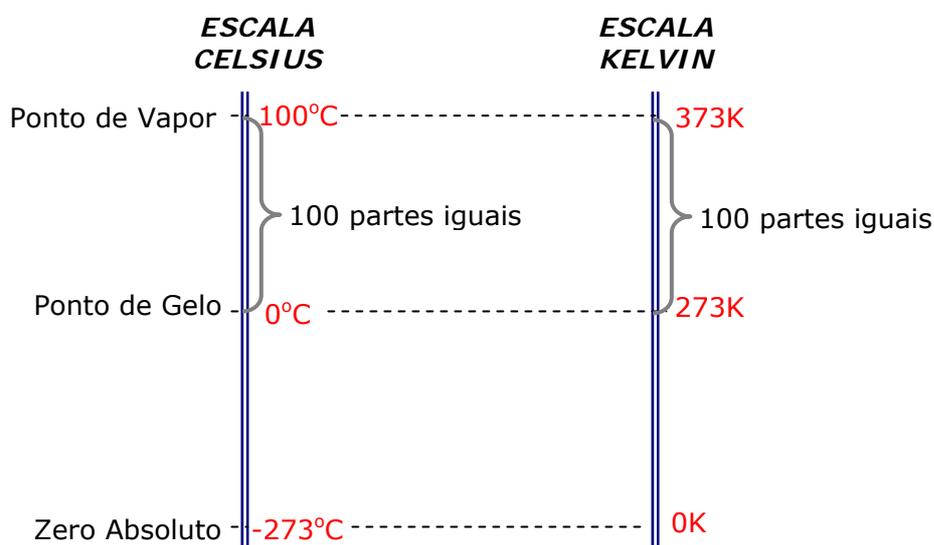


Temos, ainda, a escala Kelvin, que é a escala adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI). Esta escala diverge das demais por não ser calibrada em termos dos pontos fixos de uma determinada substância, mas em termos de energia da mesma. Na

escala Kelvin o zero é atribuído à temperatura mais baixa possível, na qual as moléculas de qualquer substância possuem energia cinética mínima (energia devido ao seu movimento). Nesta situação as moléculas não possuem energia cinética alguma para fornecer. A este valor de temperatura denomina-se **zero absoluto**. Na escala Celsius o zero absoluto corresponde a $-273,15^{\circ}\text{C}$ (aproximadamente -273°C).

Como a escala Kelvin por construção não admite valores negativos de temperatura, é considerada uma escala absoluta. Já as escalas Celsius e Fahrenheit, que possuem valores negativos, são denominadas escalas relativas.

Na figura abaixo, temos a relação entre as escalas Celsius e Kelvin. Note que estas duas escalas possuem o mesmo número de divisões entre os pontos fixos (100 partes iguais), isto faz com que cada variação de 1 grau na escala Celsius corresponda igualmente a 1 grau na escala Kelvin.



A equação abaixo nos permite a conversão de temperaturas entre as escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit.

$$\frac{t_C}{5} = \frac{t_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

D.5. CALOR SENSÍVEL: CALORIMETRIA



Experimento!!!

O estudo deste assunto inicia-se com a realização de um experimento. O guia experimental utilizado está disponível em:

http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/caloretemp_atividade.pdf

EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA CALORIMETRIA

A equação abaixo é denominada equação fundamental da calorimetria e nos permite calcular a quantidade de energia trocada (cedida ou recebida) por um corpo quando esta troca de energia acarretar apenas variação na sua temperatura. Como vimos, na realização da atividade experimental descrita acima, esta energia depende de três fatores: a massa do corpo, o seu calor específico e a sua variação de temperatura.

$$Q = m.c.\Delta T \quad \text{Equação 1}$$

onde: Q – é a quantidade de energia trocada;

m – é a massa do corpo;

c – é o calor específico do corpo;

ΔT - é a variação de temperatura do corpo.

UNIDADES

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de energia e, portanto de calor, é o Joule (símbolo J). Porém costuma-se utilizar, em calorimetria, a unidade denominada caloria (símbolo cal).

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J.}$$

CALOR ESPECÍFICO E CAPACIDADE TÉRMICA

Como já foi dito anteriormente, calor específico é uma grandeza que caracteriza a facilidade ou dificuldade de um determinado material variar sua temperatura quando troca energia na forma de calor. É importante ressaltar que esta característica depende apenas do material de que é feito o corpo. Na Tabela 1 são apresentados os calores específicos de alguns materiais.

Tabela 1: Calor específico de alguns materiais (retirada do livro: Guimarães, L. A. M; Boa, M. C. F. *Termologia e óptica*. São Paulo: Editora Harbra, 1997).

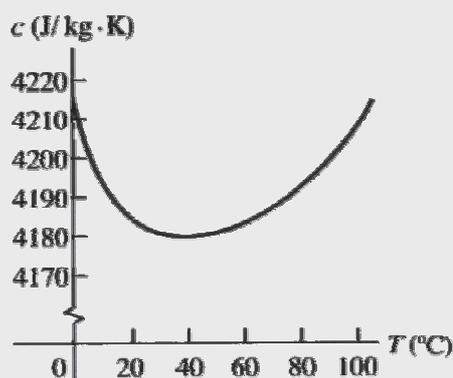
SUBSTÂNCIA	c (cal/g.°C)	c (J/kg.K)
Água	1,0	$4,2 \cdot 10^3$
Gelo	0,55	$2,3 \cdot 10^3$
Alumínio	0,22	$9,2 \cdot 10^2$
Ferro	0,11	$4,6 \cdot 10^2$
Latão	0,094	$3,9 \cdot 10^2$
Cobre	0,092	$3,9 \cdot 10^2$
Prata	0,056	$2,3 \cdot 10^2$
Chumbo	0,031	$1,3 \cdot 10^2$

Significado Físico do Calor Específico

Digamos que o calor específico de uma determinada substância seja expresso em cal/g.°C, isto significa que o calor específico informa a quantidade de energia, em calorias, que deve ser fornecida a cada 1 grama dessa substância para que a sua temperatura se eleve em 1°C. Por exemplo, fornecendo-se 1cal a 1g de água, sua temperatura se elevará de 1°C. Já no caso do alumínio, basta fornecer 0,22cal a 1g do mesmo, para que sua temperatura aumente de 1°C.

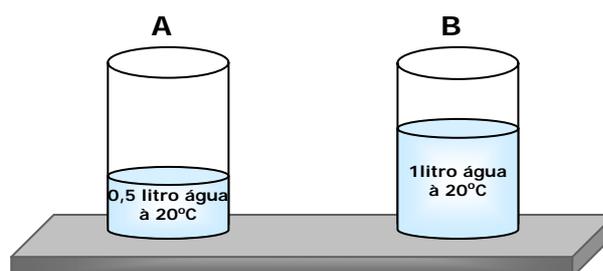
INTERESSANTE!*

O calor específico de um dado material sofre variações de acordo com a temperatura. Rigorosamente, podemos dizer que de algum modo ele depende da temperatura inicial e do intervalo de temperatura. O gráfico abaixo ilustra este fato para o calor específico da água. Note que, no caso da água, o valor do calor específico varia pouco, menos que 1%, entre 0°C e 100°C. É interessante conhecermos a existência desta variação; embora, pelo fato de ser pequena, será desprezada na resolução de nossos problemas.



*Baseado no texto do livro: Young, H. D.; Freedman, R. A. *Sears e Zemansky Física II: termodinâmica e ondas*. 10 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

Vamos agora analisar a situação ilustrada abaixo:



Se fornecermos a mesma quantidade de energia à água contida nos recipientes A e B veremos que, em A teremos um aumento de temperatura maior do que em B, embora a substância seja a mesma e ambos estejam a mesma temperatura inicial. Logo, observamos que a quantidade de energia que deve ser fornecida a um corpo para provocar uma determinada variação de temperatura depende também da quantidade de substância envolvida. A essa característica do corpo chamamos **capacidade térmica**.

A equação abaixo mostra como calcular C , a capacidade térmica de um corpo:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}, \quad \text{Equação 2}$$

sendo: Q – a quantidade de energia trocada;

ΔT – a variação de temperatura sofrida pelo corpo.

A capacidade térmica é expressa em cal/°C ou J/K.

Note que, embora pareçam iguais, os conceitos de calor específico e capacidade térmica são diferentes. Quando nos referimos à capacidade térmica estamos nos referindo a uma característica do corpo em questão e, quando falamos em calor específico, estamos mencionando uma característica do material de que é feito o corpo.

De outra forma, podemos verificar a relação entre calor específico e capacidade térmica através das equações 1 e 2, como mostrado no quadro abaixo:

A equação 1 diz que:

$$Q = m.c.\Delta T .$$

Escrevendo esta equação de outra forma, temos que:

$$\frac{Q}{\Delta T} = m.c .$$

Comparando a equação acima com a equação 2, podemos dizer que:

$$C = m.c . \quad \text{Equação 3}$$

Significado Físico da Capacidade Térmica

A capacidade térmica de um corpo depende de sua massa e do material que o constitui. É a quantidade de energia que devemos fornecer ao corpo para que sua temperatura varie de um valor unitário.

TROCAS DE CALOR - CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Já vimos que, quando dois corpos, inicialmente a diferentes temperaturas, são colocados em contato, energia é transferida na forma de calor do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, até que ambos atinjam o equilíbrio térmico. Essa troca de energia ocorre de acordo com o Princípio da Conservação da Energia que diz:

“A energia não pode ser criada ou destruída. Pode apenas ser transformada de uma forma em outra, de maneira que sua quantidade total permaneça constante.”

Dessa forma, quando analisamos as trocas de calor entre dois corpos isolados termicamente do meio externo, temos que:

$$Q_{CEDIDO} + Q_{RECEBIDO} = 0$$

Caso os corpos em questão não estejam isolados termicamente do meio externo, a energia trocada por estes com o meio externo deve ser também considerada na análise das trocas de energia.



Experimento!!!

Neste momento teremos a realização de um experimento. O guia experimental utilizado está disponível em:

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/calorespecifico.pdf>

D.6. RESFRIAMENTO DE UM CORPO



Experimento!!!

O estudo deste assunto inicia-se com a realização de um experimento. O guia experimental utilizado está disponível em:

<http://www.cefetrs.tc.br/~denise/caloretemperatura/resf.pdf>

Quando se expõe um corpo de temperatura T_C a um ambiente de temperatura T_A , de forma que $T_C \neq T_A$, nota-se que, após algum tempo, o objeto atinge o equilíbrio térmico com o ambiente.

Comparando os resultados de diferentes situações envolvendo resfriamento de um corpo podemos constatar que a taxa de resfriamento depende de fatores, tais como:

- a diferença de temperatura entre o corpo e o meio externo;
- a superfície do corpo exposta;
- o calor específico da substância que o constitui;
- as condições do ambiente no qual este corpo foi colocado;
- o tempo em que o objeto permanece em contato com o ambiente.

Pode-se representar isto através de uma equação⁴:

$$\Delta T = -K(T_C - T_A)\Delta t \quad (1)$$

onde: $\Delta T \Rightarrow$ variação de temperatura sofrida pelo corpo;

$K \Rightarrow$ representa um coeficiente de proporcionalidade, que dependerá da superfície exposta, do calor específico do corpo e também é função de características do meio ambiente;

$T_C \Rightarrow$ temperatura inicial do corpo;

$T_A \Rightarrow$ temperatura ambiente;

$\Delta t \Rightarrow$ intervalo de tempo.

A equação (1) pode ser escrita da seguinte maneira:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -K(T_C - T_A) \quad (2)$$

onde $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ representa a variação de temperatura com o tempo, ou seja, a rapidez de resfriamento do corpo. Podemos verificar através de resultados experimentais, ou através da análise da equação (2), que a rapidez de resfriamento será tanto maior quanto maior for a diferença entre T_C e T_A . Já a contribuição do coeficiente K depende de diversos fatores, tais como:

- **superfície exposta:** pode-se verificar que quanto maior for a superfície de contato entre o corpo e o meio externo (ambiente) maior será a rapidez de resfriamento/aquecimento.
- **calor específico do corpo:** sabe-se que quanto maior o valor do calor específico de um corpo uma maior quantidade de energia será necessária para variar a sua temperatura de um determinado valor. Logo, para dois corpos que recebem a mesma quantidade de energia num mesmo intervalo de tempo, aquele com maior calor específico apresentará menor rapidez de resfriamento/aquecimento.
- **características do meio:** assim como as características do corpo são importantes neste processo, as características do meio em que este está imerso, também o são. Por exemplo, se o objeto está em contato com o ar, que é um bom isolante térmico, mais lentos serão os processos de resfriamento ou aquecimento do que se estiver imerso em água. A condutividade térmica da água é maior que a do ar. Uma outra característica importante é a mobilidade do meio externo em relação ao objeto, quanto maior for esta mobilidade, mais rápidas se darão as trocas térmicas entre o objeto e o meio em contato com o mesmo⁵.

⁴ Esta equação é válida para variações de temperatura dentro de certos limites.

⁵ Por exemplo, quando queremos resfriar mais rápido um cafezinho soprando sobre ele.

Utilizando os dados experimentais

Na atividade experimental citada no início deste texto, foi feita uma discussão sobre os principais fatores que influenciam o resfriamento de um corpo e podemos verificar a concordância entre as conclusões tiradas dos dados coletados experimentalmente e o texto acima. Para tornar mais clara esta verificação, temos abaixo, nas Figuras 1 a 6, os gráficos⁶ coletados, em diferentes situações, durante a atividade experimental.

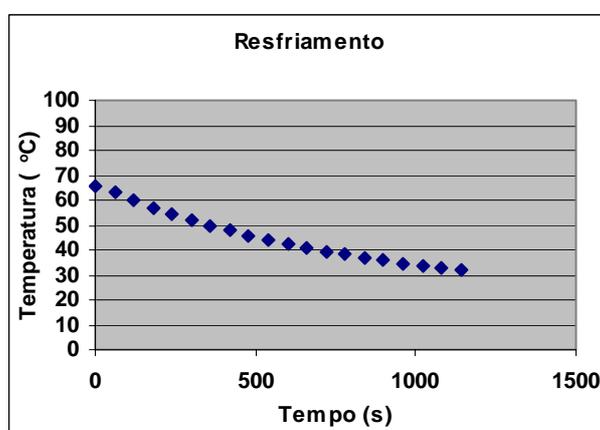


Figura 1: Resfriamento de 25 ml de água, em tubo de ensaio, em contato com o ar.

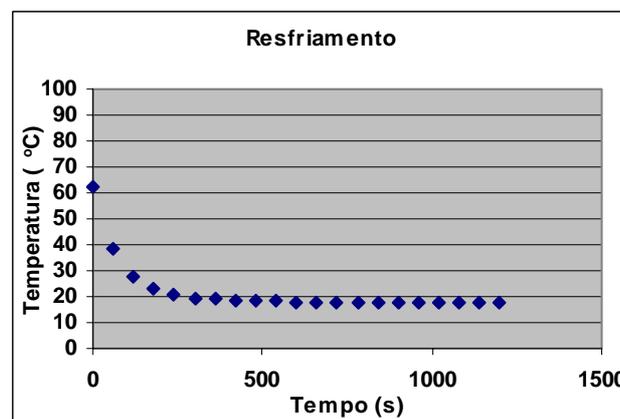


Figura 2: Resfriamento de 25 ml de água, em tubo de ensaio, imerso em água a temperatura ambiente.

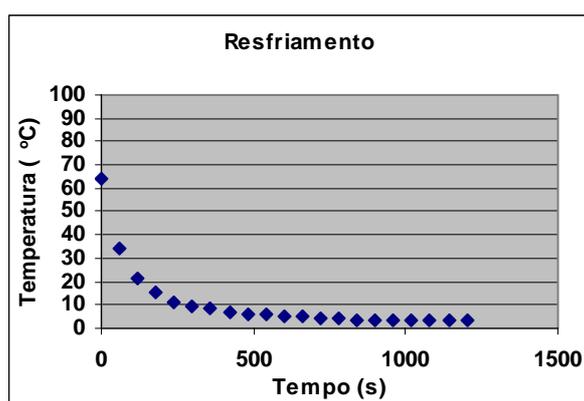


Figura 3: Resfriamento de 25 ml de água, em tubo de ensaio, imerso em água gelada.

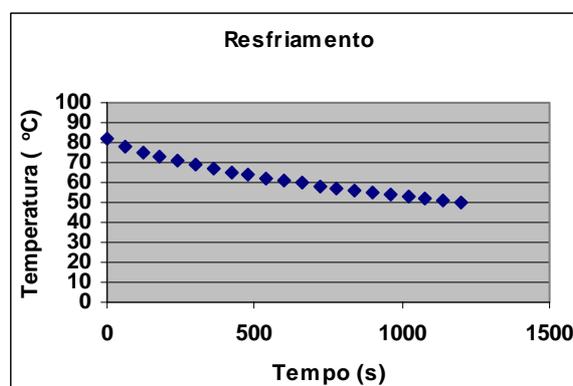


Figura 4: Resfriamento de 200 ml de água, em um béquer de 250 ml, em contato com o ar.

⁶ Os dados representados nestes gráficos (mostrados nas Figuras 1 a 6) foram coletados pelos alunos da turma 104 do CEFET-RS (ano letivo de 2005). Gráficos coletados pela turma 125 podem ser encontrados em: <http://www.cefetr.rs.tche.br/~denise/caloretemperatura/resf125.pdf>. Fotos dos grupos durante a coleta de dados podem ser encontradas em: <http://www.cefetr.rs.tche.br/~denise/fotos/resf.html>.

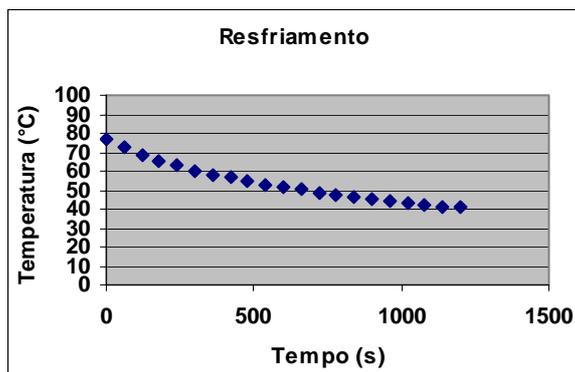


Figura 5: Resfriamento de 200 ml de água, em um bquer de 1000 ml, em contato com o ar.

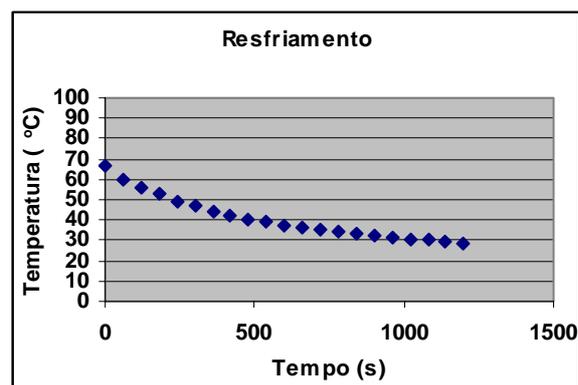


Figura 6: Resfriamento de 50 ml de água, em um bquer de 250 ml, em contato com o ar.

Comparando as Figuras 1 e 2 pode-se verificar a influência do meio externo no resfriamento de um corpo. Nas duas situações temos o mesmo volume de líquido, 25 ml de água, resfriados em um mesmo recipiente, porém um deles imerso em ar e outro em água. Verifica-se que o resfriamento ocorrido com o tubo de ensaio imerso em água foi mais rápido.

Através da comparação dos gráficos representados pelas Figuras 2 e 3 verifica-se a influência das condições de temperatura do meio externo no resfriamento. Neste caso, variou-se a temperatura do meio, constatando-se que o resfriamento ocorre mais rapidamente a uma temperatura externa mais baixa (Figura 3).

Já as Figuras 4 e 5 mostram os dados coletados para volumes iguais, 200 ml, de um mesmo líquido em recipientes de tamanhos diferentes. Verifica-se, neste caso, que a superfície exposta do corpo interfere na rapidez de resfriamento. Constata-se que, quanto maior for a superfície exposta do corpo, mais rápido será seu resfriamento (Figura 5).

Finalmente, pode-se verificar comparando as Figuras 4 e 6 a influência do volume (ou da massa) do corpo na rapidez de resfriamento. Neste caso têm-se quantidades diferentes de um mesmo líquido sendo resfriado em recipientes iguais e percebe-se que quanto maior o volume (ou massa) envolvido (a), menor será a rapidez de resfriamento (Figura 4).

NOTA: Nos experimentos representados pelos gráficos das Figuras 1 a 6 utilizou-se sempre a mesma substância, a água, por este motivo neste experimento não se pode verificar a influência do calor específico do corpo no resfriamento. Esta dependência pôde ser verificada em uma atividade experimental anterior, disponibilizada em:

http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/caloretemp_atividade.pdf

Ainda, observando os gráficos mostrados nas Figuras 1 a 6 verifica-se que estes não são lineares (representados por retas). Isto acontece, principalmente, em virtude da temperatura não variar uniformemente no tempo, ou seja, a temperatura não varia igualmente em intervalos de tempos iguais. A Figura 7, abaixo, melhor representa o que se quer dizer. Pode-se perceber claramente, tanto através da análise do gráfico como da tabela, que à medida que a temperatura da água se aproxima da temperatura ambiente a variação da temperatura diminui num mesmo intervalo de tempo (ver coluna da direita da tabela da Figura 7).

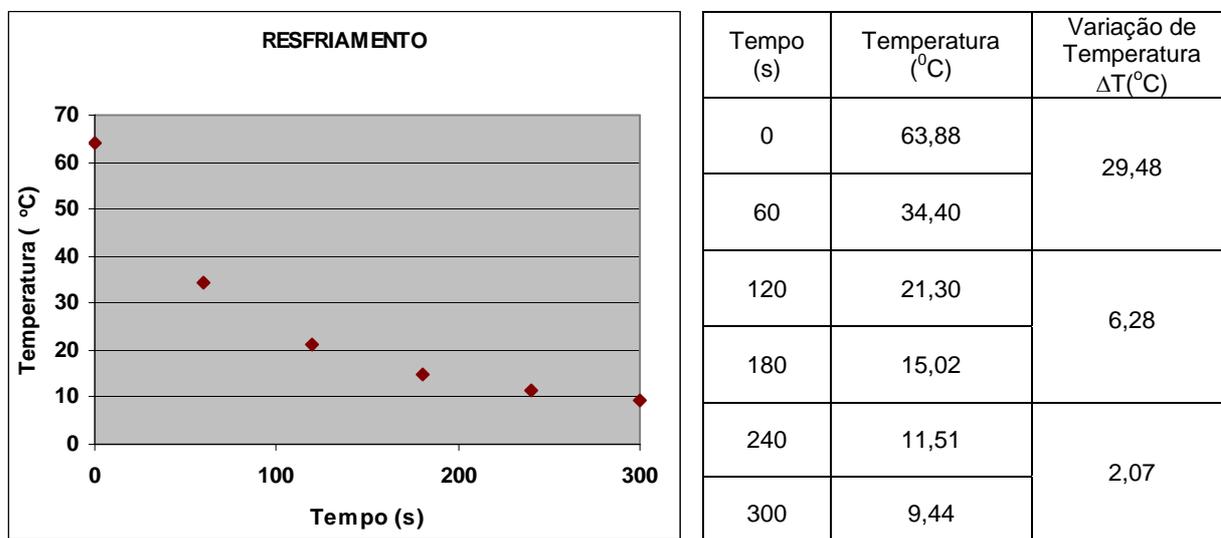


Figura 7: Dados coletados durante o resfriamento de 25 ml de água imersos em recipiente contendo água à temperatura ambiente.

Lembrando, também, que:

$$\Delta Q = m.c.\Delta T , \quad (4)$$

pode-se verificar claramente pela dependência de ΔQ com ΔT que, durante um mesmo intervalo de tempo, a quantidade de calor trocada (cedida ou recebida) com a vizinhança não é constante, ela diminui com o passar do tempo. Dessa forma podemos dizer que a transferência de energia da massa de água para o meio externo não ocorreu a uma potência constante. Podemos, então, escrever a potência dissipada através da equação:

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} . \quad (5)$$

Em algumas situações podemos considerar que a potência (taxa de energia transferida num intervalo de tempo) de resfriamento ou de aquecimento de um corpo é constante. Sendo assim, em intervalos de tempo iguais, de acordo com a equação 5, a quantidade de energia recebida será sempre a mesma. Isto faz com que a correspondente variação de temperatura também seja sempre a mesma, num mesmo intervalo de tempo (equação 4). Nestes casos, o gráfico de temperatura versus tempo será representado por uma reta, como mostra a Figura 8. Esta consideração é comumente encontrada nos livros-texto de Física, quando tratam do assunto.

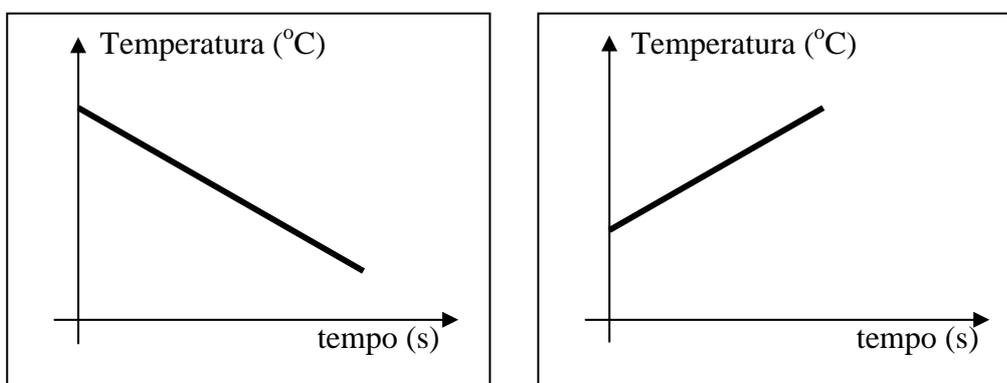


Figura 8: O gráfico da esquerda representa um resfriamento e o da direita, um aquecimento. Ambos ocorrem através de um taxa de transferência de energia (potência) constante no tempo.

A FÍSICA NO NOSSO DIA-A-DIA

A teoria sobre resfriamento que acabamos de estudar e verificar através de experimentos pode ser observada em algumas situações do nosso cotidiano*. Abaixo são relacionadas algumas destas situações:

- I. É comum quando se quer resfriar rapidamente algum alimento colocar o recipiente que o contém parcialmente imerso em água.
- II. Se tivermos um líquido muito quente é usual tentar resfriá-lo passando-o, diversas vezes, de um recipiente para outro. A figura abaixo ilustra esta situação. Este método realmente funciona, ou seja, conseguimos resfriar mais rapidamente o líquido desta forma.



- III. A mesma idéia descrita na situação II pode ser utilizada para analisar o porquê do uso de serpentinas, que são dispositivos aplicados em várias situações do nosso cotidiano. O líquido ou gás, que se deseja resfriar, é feito circular pelo interior de tubulações de pequeno diâmetro. Por exemplo, se você olhar na parte traseira do refrigerador de sua casa verá que ali existe tal dispositivo (veja as ilustrações na figura abaixo). Neste caso, a serpentina possui a função de resfriar rapidamente um gás que circula pela tubulação.



- IV. Você certamente já observou um cachorro em um dia muito frio de inverno. Se você for um observador atento percebeu que neste caso o animal tende a ficar encolhido, enroscado sobre si mesmo. Na verdade, nós também agimos desta forma quando sentimos frio. Lembrando o que acabamos de estudar e verificar nos experimentos, quando se diminui a superfície do corpo em contato com o meio externo, diminui-se também a rapidez com que ocorre a troca de calor, que é o que se pretende neste caso.

*Algumas situações descritas aqui surgiram, em sala de aula, durante a discussão dos experimentos sobre resfriamento com os alunos.

INTERESSANTE!

Leia o texto abaixo e discuta com seus colegas.

Este texto faz parte de um artigo publicado na revista *Ciência Hoje* de novembro de 2004. Veja a matéria completa em: <http://cienciahoje.uol.com.br/files/ch/210/primeira.pdf>.

Tamanho e metabolismo

O elefante africano (*Loxodonta africana*), maior mamífero terrestre, é um milhão de vezes maior que o menor mamífero, o musaranho-pigmeu (*Suncus etruscus*). O consumo total de oxigênio do elefante é indiscutivelmente maior que o do musaranho-pigmeu. A comparação do consumo total, porém, não fornece uma visão acurada do metabolismo desses animais. Para isso, devemos avaliar o consumo de oxigênio por unidade de massa corporal – a taxa metabólica. Essa taxa revela que o metabolismo do musaranho-pigmeu é muito superior ao do elefante (figura 4). O estudo das taxas metabólicas dos diferentes animais deixa claro que o consumo de oxigênio por unidade de massa diminui com o aumento do tamanho do corpo. Isso significa que a circulação do sangue (em relação à massa) também é muito maior no musaranho que no elefante.

Por que ocorre essa aparente contradição? Na verdade, tan-

to os musaranhos quanto os elefantes, assim como os humanos, precisam produzir calor continuamente para manter a temperatura corporal constante e regular as atividades fisiológicas. Isso exige um grande gasto de energia. Pode-se pensar que um corpo tão grande quanto o do elefante exige, para ser aquecido, um gasto de energia muito maior que o corpo minúsculo do musaranho-pigmeu. Em termos absolutos, isso faz sentido. No entanto, em relação às massas de cada um, a superfície do corpo do musaranho é muito maior que a do corpo do elefante. Assim, em termos relativos, o musaranho perde mais calor para o meio externo e precisa gastar muito mais energia para aquecer seu pequeno corpo. Para entender melhor esse fenômeno, basta um simples experimento: se aquecermos a 100°C dois volumes

de água colocados em frascos de formato semelhante, um com mil litros e outro com um litro, e deixarmos que esfriem, isso acontecerá com velocidades bem diferentes: a água do frasco de um litro chegará à temperatura ambiente muito mais rápido que a do frasco de mil litros. O mesmo acontece com o musaranho e com o elefante. No fim das contas, o elefante precisa (relativamente) de muito menos energia para manter seu grande corpo a uma temperatura constante.



Figura 4. A curva metabólica de mamíferos mostra como o consumo de oxigênio, em relação à massa do animal, diminui com o crescimento do tamanho corporal

D.7. MUDANÇA DE ESTADO FÍSICO, PRESSÃO DE VAPOR...

MUDANÇA DE ESTADO FÍSICO

Antes de verificarmos como ocorrem as mudanças de estado físico de uma substância, vamos caracterizar cada um dos estados aqui estudados. Estes estados físicos são: sólido, líquido e gasoso.

O estado sólido é caracterizado microscopicamente pela grande intensidade das forças de coesão a que estão sujeitas suas moléculas⁷ constituintes (Estas forças é que tendem a manter as moléculas unidas.). Em virtude dessa intensa força de coesão, o movimento das moléculas de uma substância no estado sólido fica restrito a um movimento vibratório, sendo pequena a distância entre as moléculas. Dessa forma, macroscopicamente, um sólido apresenta características como forma e volume bem definidos, sendo praticamente incompressível.

Já as características do estado líquido diferem um pouco do estado sólido. Microscopicamente, as forças de coesão possuem menor intensidade em relação àquelas no estado sólido. Isto faz com que neste estado as moléculas encontrem-se mais afastadas umas das outras, podendo agora se deslocar umas em relação as outras, apresentando movimento de translação (de um ponto para outro dentro de um dado volume) além do movimento vibratório. Sendo assim, macroscopicamente, uma substância no estado líquido é caracterizada por não possuir forma definida (assume a forma do recipiente que o contém) apesar de possuir um volume definido e, assim como os sólidos, ser praticamente incompressível.

No estado gasoso, as forças de coesão entre as moléculas praticamente inexistem e, então estas encontram-se bem mais afastadas umas das outras, possuindo um movimento de translação bem intenso. Desse modo, temos que, macroscopicamente, uma substância na fase gasosa não possui nem forma nem volume definidos (as substâncias no estado gasoso tendem sempre a ocupar todo o espaço disponível) podendo ser comprimida com facilidade.

⁷ Neste texto é feita referência ao comportamento das moléculas, isto se deve ao fato de que, neste momento, basta analisarmos sob este enfoque. De qualquer forma é importante ressaltar que moléculas são agregados de átomos e estes, por sua vez, são formados por partículas.

No esquema abaixo (Figura 1) temos os três estados físicos da matéria, assim como as denominações dadas a cada mudança de estado físico.

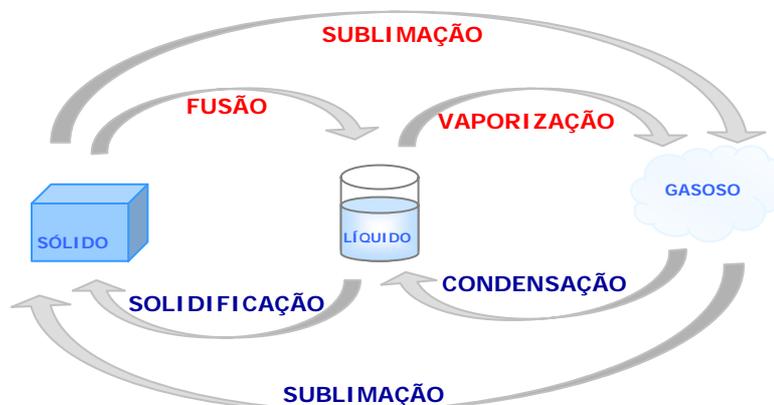


Figura 1: Estados físicos da matéria

Após observar o esquema acima, reflita sobre as seguintes questões:

1. Por que ocorrem as mudanças de estado físico?
2. O que acontece durante a mudança de estado físico?
3. Que condições são necessárias para uma substância mudar o seu estado físico?



Atividade Experimental!!!

Nosso objetivo, a partir de agora, é de esclarecer as questões acima; para isso vamos realizar algumas atividades experimentais. Começaremos com a atividade que está disponível em

<http://www.cefetrs.tc.br/~denise/mudancadeestadofisico/mudancaestado.pdf>

A partir da realização da atividade citada acima podemos verificar que tanto a fusão, quanto a ebulição, ocorreu a uma temperatura determinada. Constatou-se também que, apesar de estar sempre recebendo energia na forma de calor, durante a mudança de estado físico, a temperatura do sistema permaneceu constante, como mostra o gráfico da Figura 2. Como discutimos anteriormente, isso ocorre porque, neste caso, a energia recebida da chama na forma de calor varia a energia interna do sistema, não através da variação de sua temperatura, e sim através de uma mudança no estado de agregação das moléculas.

De acordo com o que já vimos, cada estado físico possui suas características que, dependendo da quantidade de energia recebida (ou cedida) pelo sistema, podem ser alteradas provocando uma mudança no estado de agregação das moléculas e levando, então, este sistema a evoluir para um outro estado físico. Pode-se verificar, através do

experimento realizado que, na passagem do estado sólido para o líquido, assim como na passagem do estado líquido para o gasoso, necessitamos fornecer energia ao sistema, pois nestes casos o sistema evolui para um estado de maior energia interna. Podemos deduzir, então, que para transformações inversas como passar do estado gasoso para o líquido, gasoso para o sólido ou do líquido para o sólido, é necessário retirar energia do sistema.

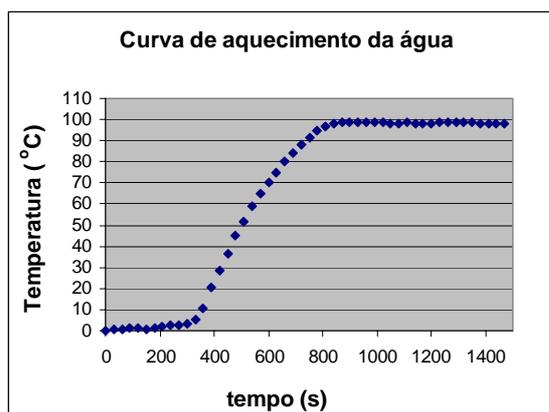


Figura 2: Curva de aquecimento da água. Os dados aqui representados foram obtidos experimentalmente utilizando o sistema CBL. O guia experimental utilizado neste experimento pode ser encontrado em:

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/mudancadeestadofisico/mudancaestado.pdf>

Podemos, então, resumir dizendo que para uma substância submetida a uma determinada pressão⁸:

- I. As mudanças de estado físico ocorrem a temperaturas bem definidas para cada substância. Essas temperaturas são denominadas pontos fixos. Abaixo, temos a Tabela 1 que apresenta valores dos pontos de fusão e de ebulição para algumas substâncias, submetidas à pressão normal de 1 atmosfera (1atm).

Tabela 1: Pontos de fusão e ebulição de algumas substâncias, submetidas à pressão normal de 1 atm.

SUBSTÂNCIA	PONTO DE FUSÃO (°C)	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)
Água	0	100
Álcool etílico	-114	78
Oxigênio	-219	-183
Nitrogênio	-210	-196
Hidrogênio	-259	-253
Alumínio	660	2450
Ferro	1537	3000
Ouro	1064	2970

⁸ As características apresentadas nos itens de I a IV referem-se a fusão cristalina e a vaporização por ebulição.

- II. Durante a mudança de estado físico a temperatura permanece constante.
- III. Para que ocorra a mudança de estado físico, cada substância deve receber (ou ceder) uma determinada quantidade de energia.
- IV. A temperatura de mudança de estado físico é a mesma em transformações inversas. Ou seja, a temperatura de fusão é a mesma de solidificação, assim como a temperatura de ebulição é a mesma de condensação para uma mesma substância.

CALOR LATENTE

Veremos agora como calcular a energia que deve ser fornecida ou retirada de um corpo para que ocorra mudança de seu estado físico. Esta energia é denominada calor latente e podemos calculá-la através da seguinte equação:

$$Q_L = m.L$$

onde:

Q_L – é a quantidade de energia necessária para que ocorra a mudança de estado físico;

m – é a massa da substância que muda de estado físico;

L – é denominado calor latente de mudança de estado, característico de cada substância e de cada transformação de estado.

O valor de L é tabelado e é diferente para cada mudança de estado físico. Na Tabela 2 temos alguns exemplos.

Tabela 2: Calor latente de algumas substâncias.

SUBSTÂNCIA	CALOR DE FUSÃO (cal/g)	CALOR DE EBULIÇÃO (cal/g)
Água	80	540
Álcool etílico	25	204
Alumínio	96	2597

Significado físico de L:

Calor latente de mudança de estado (L) significa a energia que devemos fornecer ou retirar de um determinado corpo, por unidade de massa, para que mude seu estado físico.



Atividade Experimental!!!

Neste momento será realizada uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/mudancadeestadofisico/calorlatente.pdf>

TIPOS DE FUSÃO

- ❖ **Cristalina:** é a passagem direta da fase sólida para a fase líquida a uma temperatura fixa.

Exemplo: A água congela ao atingir a temperatura de 0°C .

- ❖ **Pastosa:** neste caso, a substância vai amolecendo aos poucos à medida que a temperatura aumenta, não existindo neste caso uma temperatura fixa para o fenômeno.

Exemplo: A manteiga ao ser deixada fora de refrigeração.

TIPOS DE VAPORIZAÇÃO

- ❖ **Evaporação:** ocorre somente na superfície livre do líquido e a qualquer temperatura.

Exemplo: A água contida nas roupas colocadas para secar no varal sofrem evaporação.

- ❖ **Ebulição:** ocorre em toda a massa líquida a uma temperatura fixa. Caracteriza-se pela formação de bolhas de vapor no interior do líquido.

Exemplo: A água fervendo em uma chaleira encontra-se em ebulição.

- ❖ **Calefação:** ocorre quando o líquido é lançado sobre uma superfície cuja temperatura encontra-se acima da temperatura de ebulição do líquido.

Exemplo: O que ocorre quando borrifamos água em uma panela ou chapa muito aquecida.



Atividade Experimental!!!

Neste momento será realizada uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/mudancadeestado fisico/resfceramica.pdf>

FATORES QUE INFLUENCIAM NA RAPIDEZ DE EVAPORAÇÃO

➤ Natureza do líquido

Os líquidos podem ser divididos em dois tipos: voláteis e não-voláteis. Líquidos voláteis, como o álcool, o éter e a acetona, evaporam rapidamente quando comparados com os não-voláteis como a água e os óleos. A estabilidade está relacionada com o tipo de ligações químicas e grupos funcionais de cada substância.

➤ Temperatura do líquido

Quanto maior a temperatura do líquido maior será o número de moléculas com energia suficiente para escapar do estado líquido para o de vapor, logo, maior será a rapidez de evaporação.

➤ Área da superfície livre do líquido

Como a evaporação é um fenômeno que ocorre na superfície livre do líquido, quanto maior for esta superfície, um número maior de moléculas estará evaporando, aumentando assim, a rapidez da evaporação.

➤ Concentração de vapor sobre a superfície livre do líquido

Quanto maior for a concentração de vapor na superfície livre do líquido, menor será sua rapidez de evaporação.

➤ Pressão exercida sobre a superfície do líquido

Quanto maior for a pressão sobre a superfície livre do líquido, mais devagar ele evapora.

PRESSÃO E TEMPERATURA

Pressão Atmosférica

A camada de ar (atmosfera) existente sobre nós possui peso. A razão entre o peso desta camada de ar e a superfície na qual ela se distribui (superfície terrestre) é o que se chama de pressão atmosférica.

A pressão atmosférica varia com a altitude. À medida que subimos na atmosfera, a camada de ar sobre nós diminui e, conseqüentemente, diminui a pressão atmosférica.

A pressão atmosférica medida ao nível do mar é considerada pressão normal e possui os seguintes valores:

$$P_{\text{atm}} (\text{nível do mar}) = 1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 1.10^5 \text{ N/m}^2.$$

Composição do ar: O ar atmosférico é uma mistura de gases, consistindo aproximadamente de 80% de nitrogênio, 18% de oxigênio e pequenas quantidades de gás carbônico, vapor d'água e outros gases.[5]

Pressão de Vapor

Da mesma forma que a atmosfera exerce pressão sobre nós o vapor acumulado sobre a superfície livre do líquido também exerce pressão sobre ele. A esta pressão dá-se o nome de pressão de vapor.

À medida que o líquido evapora essa pressão de vapor vai aumentando. Esse aumento atinge um valor máximo para cada temperatura e, neste caso, dizemos que o ambiente está saturado de vapor.



Atividade Experimental!!!

Vamos analisar agora, através de uma atividade experimental, como varia a pressão de vapor de um líquido com a temperatura. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/mudancadeestadofisico/pressao.pdf>

A partir da realização do experimento, citado acima, pode-se obter um gráfico semelhante ao representado na Figura 3 da pressão de vapor da água em função da temperatura.

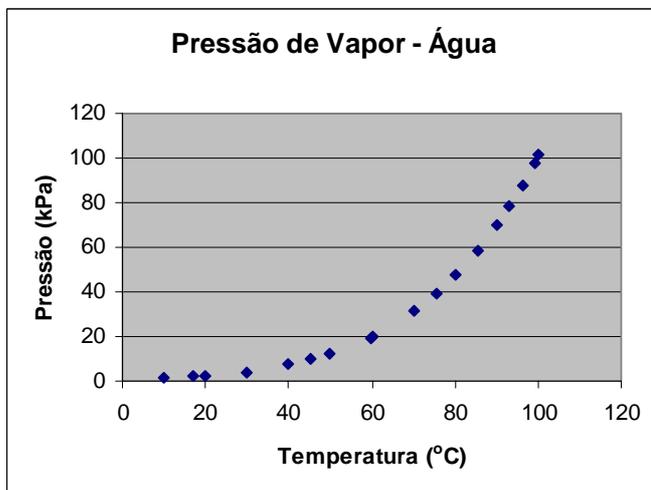


Figura 3: Gráfico da pressão de vapor saturado da água versus temperatura.

Tabela 3: Dados representados na figura 3.

Temperatura (°C)	Pressão Vapor (kPa)
10,00	1,23
17,20	1,96
20,00	2,34
30,00	4,22
40,00	7,38
45,40	9,80
50,00	12,34
59,70	19,60
60,00	19,94
70,00	31,18
75,40	39,20
80,00	47,37
85,50	58,80
90,00	70,11
93,00	78,40
96,20	88,00
99,10	98,00
100,00	101,30

Observação: a pressão de vapor da água é medida em kPa. Sendo $1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa} = 10^3 \text{ N/m}^2$.

Neste gráfico, temos a representação de uma curva de pressão de vapor saturado da água em função da temperatura. Vapor saturado pode ser definido como aquele que está em equilíbrio com seu próprio líquido. Dessa forma todos os pares de valores de pressão e temperatura sobre a curva representam condições em que a água está em equilíbrio com seu próprio vapor saturado. Isto significa que, nesta situação, se uma determinada quantidade de água for vaporizada, imediatamente a mesma quantidade de vapor será condensada de modo que a massa de cada um (líquido e vapor) permaneça constante.

Poderíamos nos perguntar agora o que representam os pontos exteriores à curva, como, por exemplo, os pontos B e C representados na Figura 4.

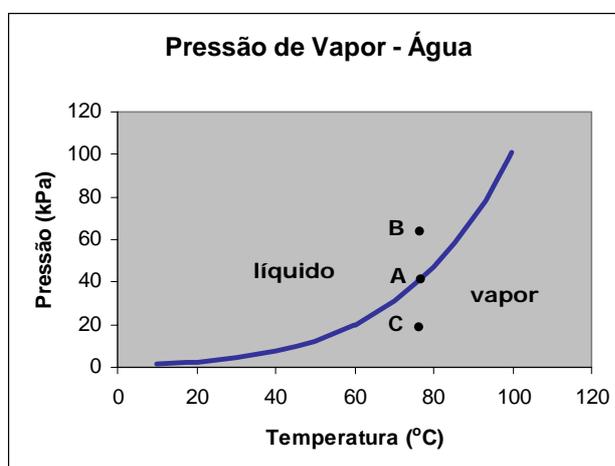


Figura 4: Pressão de vapor da água versus temperatura

Partindo do ponto A (situação de equilíbrio entre líquido e vapor), mantendo-se a temperatura constante e aumentando-se a pressão, atingindo então o ponto B, teremos a situação em que a água terá existência estável como líquido.

De outra forma, partindo de A diminuindo-se a pressão e mantendo-se a temperatura constante, atinge-se o ponto C, que representa uma situação na qual a água terá existência estável como vapor.

Pressão de Vapor da Água X Pressão de Vapor do Álcool

É interessante comparar as curvas de pressão de vapor de dois líquidos. Faremos isto para a água e para o álcool. A Figura 5 mostra as duas curvas.

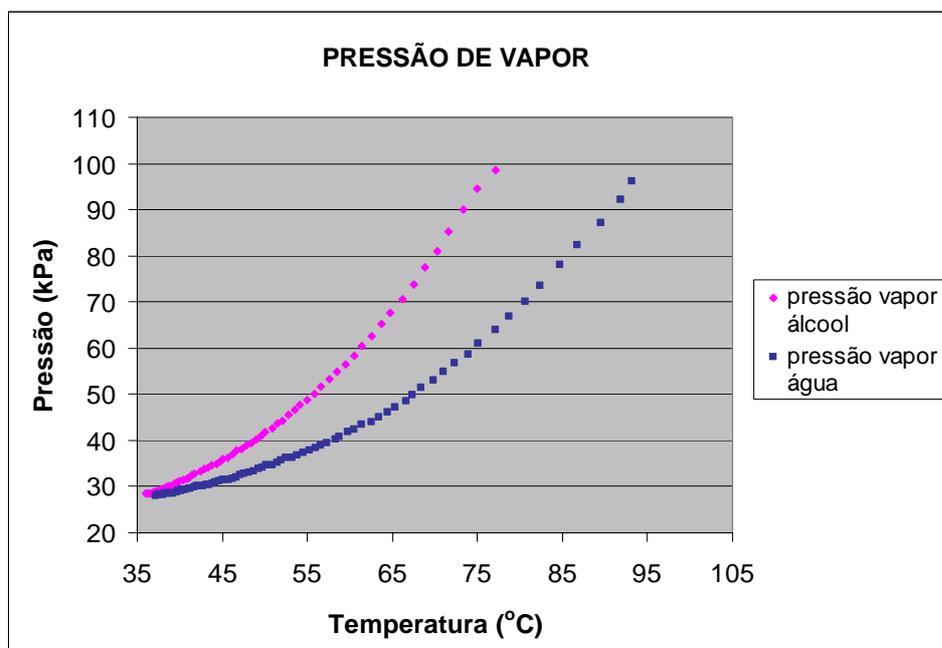


Figura 5: Curvas da pressão de vapor saturado da água e do álcool versus temperatura. Os dados aqui representados foram obtidos experimentalmente utilizando o sistema CBL. O guia experimental utilizado neste experimento pode ser encontrado em: <http://www.cefetrs.tche.br/~denise/mudancadeestadofisico/pressao.pdf>

Observe que, para um mesmo valor de temperatura, o álcool apresenta uma pressão de vapor maior do que a da água e, à medida que a temperatura vai aumentando, a diferença entre as pressões de vapor vai ficando cada vez maior. Isto acontece porque o álcool evapora mais rapidamente que a água, ou seja, é mais volátil. Normalmente os líquidos mais voláteis possuem temperatura de ebulição menor do que os líquidos não voláteis, como a água, por exemplo, e por este motivo devemos ter um certo cuidado no manuseio deste tipo de substância.

Temperatura de Ebulição

Considere uma determinada quantidade de água em um recipiente aberto, submetido à pressão atmosférica (Figura 5). Admita que a água encontre-se a 20 °C, observando a tabela 3 pode-se verificar que neste caso sua pressão de vapor será de 2,34 kPa (ou 2340 Pa = 2340 N/m²). De acordo com esta

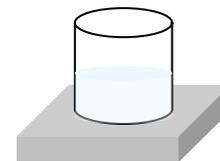


Figura 6: Recipiente aberto

situação, se uma bolha se formasse dentro do líquido, submetido à pressão atmosférica de 1.10⁵ Pa (ou 100.000 Pa), seria imediatamente esmagada pela pressão externa e condensaria. Mas se elevarmos a temperatura da água para 100 °C, de acordo com a mesma tabela, a sua pressão de vapor será de 1.10⁵ Pa e, então, as bolhas de vapor poderiam formar-se, teríamos então o líquido em ebulição. A esta temperatura, se fornecemos energia suficiente, essa massa de água passará de líquido para vapor.

Se a pressão externa tivesse valores acima de 1.10⁵ Pa, a ebulição não ocorreria a 100 °C, mas sim a uma temperatura superior, na qual a pressão de vapor se igualasse à pressão externa. Situação inversa ocorreria se a pressão externa tivesse um valor menor do que 1.10⁵ Pa. Dessa forma podemos dizer que:

“O ponto de ebulição de um líquido é a temperatura na qual a pressão de vapor do líquido é igual a pressão externa.” [5]

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA TEMPERATURA DE MUDANÇA DE ESTADO FÍSICO – DIAGRAMA DE ESTADO

Voltando às três questões iniciais:

1. Por que ocorrem as mudanças de estado físico?
2. O que acontece durante a mudança de estado físico?
3. Que condições são necessárias para uma substância mudar o seu estado físico?

temos que, na verdade, a questão 3 não foi completamente respondida. As três leis de mudança de estado físico foram enunciadas considerando que a substância estivesse submetida à pressão normal (pressão fixa). Mas o que ocorre com os pontos fixos, nos quais ocorrem as mudanças de estado, se a pressão externa for diferente do valor normal de 1 atm?

Acabamos de verificar que um líquido entra em ebulição a partir do momento em que a sua pressão de vapor se iguala à pressão externa. Sendo assim, teríamos uma

temperatura de ebulição diferente para cada valor de pressão externa. Esses valores podem ser representados graficamente como na Figura 7.

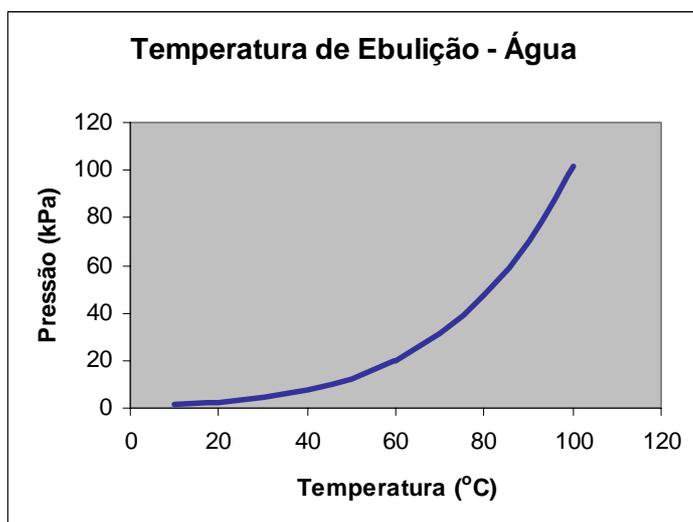


Figura 7: Gráfico da Pressão versus Temperatura de ebulição da água.

Tabela 4: Dados representados na Figura 7.

Temperatura de Ebulição (°C)	Pressão (kPa)
10,00	1,23
17,20	1,96
20,00	2,34
30,00	4,22
40,00	7,38
45,40	9,80
50,00	12,34
59,70	19,60
60,00	19,94
70,00	31,18
75,40	39,20
80,00	47,37
85,50	58,80
90,00	70,11
93,00	78,40
96,20	88,00
99,10	98,00
100,00	101,30

Da mesma forma que a pressão influencia na temperatura de ebulição (ou condensação), também influencia na temperatura de fusão (ou solidificação) e, também, na temperatura de sublimação. Podemos reunir as curvas representativas nestes três casos em um único gráfico e construir um diagrama de estado para cada substância. As Figuras 8 e 9 mostram dois exemplos de diagramas de estado. Na Figura 7 o ramo OC representa o gráfico da Figura 7.

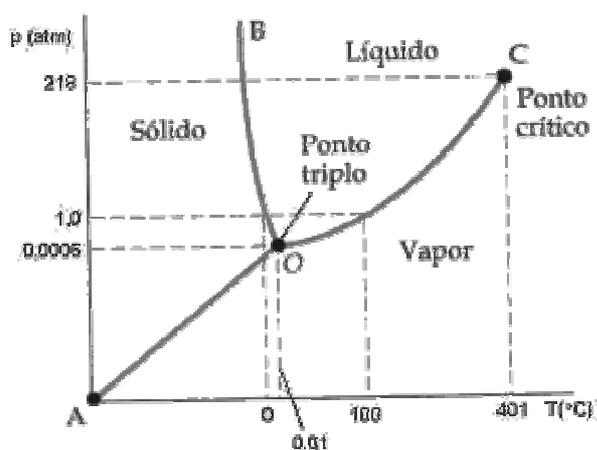


Figura 8: Diagrama de fases da água.

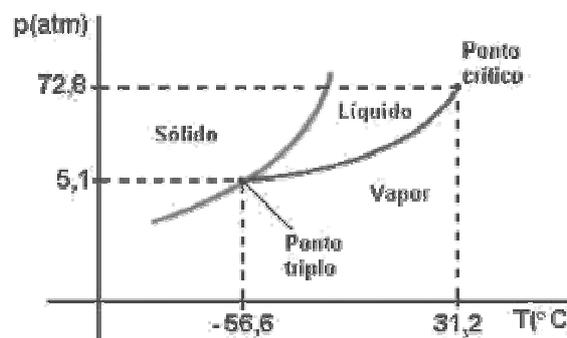


Figura 9: Diagrama de fases do dióxido de carbono (CO_2) que, no estado sólido, é conhecido como gelo-seco.

Vemos que as três curvas dividem o diagrama em três regiões. Para qualquer par de valores de pressão e temperatura dentro de uma destas regiões a substância pode se

encontrar em um estado físico apenas: sólido, líquido ou vapor. Se este par de pontos estiver contido numa das curvas, a substância poderá encontrar-se em equilíbrio em duas fases.

Em cada diagrama de estado existe um ponto em que as três curvas se encontram. Esse ponto é denominado ponto triplo e representa valores de pressão e temperatura em que a substância pode se encontrar, simultaneamente, nos três estados físicos.

Um outro ponto importante neste tipo de diagrama é o ponto representado por C e chamado de Ponto Crítico. Esse ponto limita a curva de vaporização, ou seja, uma substância que estiver com temperatura acima da sua temperatura crítica não poderá mais ser liquefeita por mais que se aumente a pressão sobre ela. A partir desse ponto essa substância é um gás. Dessa forma, a pressão crítica é definida como sendo a pressão necessária para liquefazer um vapor que encontra-se em sua temperatura crítica.

Ao compararmos os dois diagramas acima vemos que a curva de fusão, ou seja, a curva que nos mostra valores de pressão e temperatura para os quais os estados sólido e líquido encontram-se em equilíbrio, apresenta-se diferente em cada caso. Essa diferença ocorre porque algumas substâncias como a água, por exemplo, diminuem de volume na fusão e outras, ao contrário, como o dióxido de carbono, aumentam de volume na fusão.

A grande maioria das substâncias se comporta como o dióxido de carbono, ou seja, ao passarem do estado sólido para o estado líquido aumentam de volume, o que é bem aceitável pelo que vimos sobre as características das substâncias nos três estados físicos. Para estas substâncias, então, quando aumentamos a pressão, a temperatura de fusão também aumenta.

Substâncias como a água, o ferro, o bismuto e o antimônio apresentam comportamento contrário: ao passarem do estado sólido para o estado líquido diminuem de volume. Neste caso, um aumento de pressão, acarreta uma diminuição na temperatura de fusão.

A FÍSICA NO NOSSO DIA-A-DIA

UMIDADE RELATIVA

Como já vimos o ar atmosférico é uma mistura de vapor d'água e outros gases. Denomina-se umidade relativa a razão entre a pressão parcial de vapor d'água e a pressão de vapor saturado para uma dada temperatura. Essa relação é normalmente expressa em porcentagem e pode ser equacionada da seguinte forma:

$$\text{UMIDADE RELATIVA} = 100 \times \frac{\text{pressão parcial de vapor d'água}}{\text{pressão de vapor saturado}}$$

A umidade relativa está diretamente ligada ao nosso cotidiano. Por exemplo, quanto maior a umidade relativa do ar, é mais difícil ocorrer a evaporação dos líquidos, assim, as roupas úmidas não secam, o ar condensa nos azulejos e pisos das casas, o suor tem dificuldade em evaporar da pele e, por isso, a nossa sensação térmica é de que o dia está mais quente.



Atividade Experimental!!!

Neste momento será realizada uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/mudancadeestadofisico/medumrel.pdf>

NUVENS, NEBLINA, CHUVA...

No caso em que a pressão parcial de vapor apresenta-se maior que a pressão de saturação, uma certa quantidade de vapor acaba condensando. Isto acontece com a finalidade de reduzir a pressão parcial de vapor ao valor da pressão de saturação, a esta temperatura. Esse fenômeno é a causa da formação de nuvens, nevoeiro e chuva.

À noite, quando a superfície da Terra se resfria por radiação, esse fenômeno ocorre e, neste caso, a mistura condensada recebe o nome de orvalho.

No caso em que a pressão de saturação de vapor for tão baixa, que a temperatura deva cair abaixo de 0°C , para que a pressão parcial de vapor a ela se iguale, o vapor se condensa sob a forma de geada, em cristais de gelo.



Atividade Experimental!!!

Neste momento será realizada uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/mudancadeestadofisico/geada.pdf>

REFERÊNCIAS

- [1] GASPAR, A. *Física 2: ondas, óptica e termodinâmica*. São Paulo: Editora Ática, 2000. 416 p.
- [2] GUIMARÃES, L. A. M; BOA, M. C. F. *Termologia e óptica*. São Paulo: Editora Harbra, 1997. 328 p.
- [3] HEWITT, P. G. *Física conceitual*. São Paulo: Editora Bookman, 2002. 685 p.
- [4] MAIZTEGUI, A. P; SABATO, J. A. *Física 1*. Porto Alegre: Editora Globo, 1973. 463 p.
- [5] SEARS, F. W. *Física 1: mecânica, calor e acústica*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1960, 650p.

APÊNDICE E – GUIAS EXPERIMENTAIS

E.1. EQUILÍBRIO TÉRMICO

Atividade Experimental

Objetivo

Verificar que corpos em equilíbrio térmico possuem a mesma temperatura, embora materiais diferentes produzam sensações térmicas diferentes ao serem tocados.

Discussão Inicial

Quando tocamos objetos feitos de diferentes materiais (metal, madeira, ...) temos sensações diferentes. Na sua opinião eles estão à mesma temperatura? Quem está mais quente? Quem está mais frio?

Material Utilizado

- Dois termômetros de mercúrio
- Dois blocos idênticos, um de metal e outro de madeira

Realização da Atividade

Os alunos devem tocar em objetos encontrados na sala feitos de diferentes materiais, manifestando sua resposta à questão colocada inicialmente sobre a temperatura dos objetos.

Após cada aluno expor sua opinião, os alunos são convidados a verificar, com auxílio de termômetros, a temperatura de dois objetos de forma e tamanho semelhantes, um feito de metal e outro de madeira. Esta situação é ilustrada na Figura 1.



Figura 1

Discussão da Atividade

Quando tocamos em objetos com a mesma temperatura, porém feitos de diferentes materiais, como se explica o fato destes apresentarem sensações térmicas diferentes?

E.2. SENSAÇÃO TÉRMICA X TEMPERATURA

Atividade Experimental

Objetivo

Verificar a imprecisão do sentido do tato na medida de temperatura.

Discussão Inicial

Normalmente, quando uma mãe acha que seu filho está febril, ela verifica isto colocando sua mão em contato com o rosto da criança. Será que nosso tato nos dá mesmo uma noção exata de temperatura?

Material Utilizado

- Três bacias com água a diferentes temperaturas

Realização da Atividade

São colocadas à disposição dos alunos três bacias: uma com água gelada, outra com água morna e uma terceira com água a temperatura ambiente.

Os alunos são convidados a molharem primeiramente uma das mãos na bacia com água gelada e a outra mão na bacia com água morna e, após, as duas mãos, simultaneamente, na bacia com água à temperatura ambiente.

Discussão da Atividade

Após a realização desta atividade você acha que podemos confiar em nosso tato na medida de temperatura?

E.3. TERMÔMETROS

Atividade Experimental

Atividade 1: MEDINDO TEMPERATURA

Objetivos

Constatar o equilíbrio térmico como principal conceito físico envolvido na utilização de um termômetro.

Verificar a diferença na utilização de termômetros clínicos e de laboratório.

Discussão Inicial

Existe alguma diferença na utilização de termômetros clínicos e de laboratório?



Figura 2: Termômetro clínico (acima) e termômetro de laboratório (abaixo).

Material Utilizado

- Termômetro clínico
- Termômetro de laboratório

Realização da Atividade

Os alunos deverão comparar um termômetro clínico e um termômetro de mercúrio utilizado em laboratórios. Para isto poderão medir a temperatura do corpo de

um colega utilizando um termômetro clínico e a temperatura de água morna contida em um béquer utilizando termômetro de laboratório.

Discussão da Atividade

1. Qual o principal conceito físico envolvido quando se utiliza um termômetro?
2. Qual a diferença existente na construção de termômetros clínicos e de laboratório? Qual a dificuldade em se medir corretamente a temperatura do corpo humano utilizando um termômetro de laboratório?

Atividade 2: RELACIONANDO TEMPERATURA A VARIAÇÕES DE GRANDEZAS FÍSICAS

Objetivo

Relacionar variação de temperatura a duas diferentes grandezas termométricas: variação da altura da coluna de mercúrio em um termômetro de mercúrio e variação da resistência elétrica em um sensor do tipo NTC, do inglês: *Negative Temperature Coefficient*, traduzindo: Sensor de Coeficiente Negativo de Temperatura.

Discussão Inicial

Como funcionam os termômetros digitais? Que tipo de grandeza termométrica utilizam?

Material Utilizado

- Sensores NTC
- Multímetros

Realização da Atividade

Inicialmente é apresentado aos alunos o sensor NTC juntamente com um multímetro, explicando o funcionamento de cada um.

Os alunos deverão observar a leitura do multímetro conectado ao sensor NTC. Após observar o valor lido nesta situação devem segurar o sensor NTC com a mão, aquecendo-o, e verificar, então, a nova leitura.

O funcionamento do termômetro de mercúrio já foi observado na atividade 1.

Discussão da Atividade

Nestas atividades foram observadas duas formas de se medir temperatura. Como você deveria proceder se quisesse utilizar o sensor NTC como um termômetro?

E.4. CALOR SENSÍVEL: CALORIMETRIA

Atividade Experimental

Discussão Inicial

Sabemos que quando colocamos dois corpos a temperaturas diferentes em contato estes trocam energia na forma de calor. Veremos, agora, como calcular esta energia trocada. Partiremos da análise de 3 situações distintas:

1ª) SITUAÇÃO: Analise, mentalmente, dois experimentos distintos A e B:

Experimento A: Em um recipiente misturam-se 50ml de água a 30°C a 50ml de água a 50°C.

Experimento B: Em um recipiente misturam-se 50ml de água a 80°C a 50ml de água a 90°C.

Baseando-se apenas nos dados acima, diga em qual situação você acha que houve uma maior troca de energia entre as massas de água a diferentes temperaturas? Explique.

Agora faremos um experimento:

Vamos misturar, em uma garrafa térmica, 100ml de água a temperatura ambiente com 100ml de água quente. A temperatura de cada quantidade de água antes de misturá-las, assim como a temperatura de equilíbrio térmico da mistura, será medida e anotada.

Temperatura de 100ml de água a temperatura ambiente: _____

Temperatura de 100ml de água quente: _____

Temperatura de equilíbrio térmico: _____

Após coletar os dados veja qual a relação existente entre a temperatura inicial de cada quantidade de água e a temperatura de equilíbrio térmico. Escreva abaixo:

Agora voltemos aos experimentos A e B sugeridos inicialmente. De acordo com a conclusão acima, diga qual seria a variação de temperatura sofrida por cada massa de água no experimento A e no experimento B.

Experimento A: - variação de temperatura sofrida pelos 50ml de água a 30°C: _____

_____ - variação de temperatura sofrida pelos 50ml de água a 50°C: _____

Experimento B: - variação de temperatura sofrida pelos 50ml de água a 80°C: _____

_____ - variação de temperatura sofrida pelos 50ml de água a 90°C: _____

Considerando que em ambos experimentos as massas de água envolvidas são iguais, em qual dos dois houve uma maior variação de energia interna? _____
Então, em que situação houve uma maior troca de energia na forma de calor entre as quantidades de água? _____

Logo, podemos concluir que:

$$\Delta Q \propto \underline{\hspace{2cm}}$$

(Lembre-se de que o sinal \propto significa proporcional a)

2ª) SITUAÇÃO: Agora, vejamos uma outra situação. Responda a seguinte pergunta: Necessitamos fornecer mais energia para ferver um litro (1 kg) ou dez litros (10 kg) de água?

Então, podemos verificar que também:

$$\Delta Q \propto \underline{\hspace{2cm}}$$

3ª) SITUAÇÃO: Por último, responda a seguinte questão: Quando fornecemos ou retiramos a mesma quantidade de energia na forma de calor a massas iguais de água e de óleo, que inicialmente encontram-se a uma mesma temperatura, a variação de temperatura sofrida pela água será a mesma que pelo óleo? _____ Fazamos, então, este experimento. A Fig. 1 ilustra esta situação.



Figura 1: Massas iguais de água e óleo aquecidas igualmente.

Realizando este experimento pode-se verificar que a variação de temperatura sofrida é diferente para a água e para o óleo e que, portanto, a constituição do corpo influencia as suas trocas de energia. Na Física essa idéia é expressa através de uma grandeza chamada calor específico (símbolo c). De forma que cada material possui um calor específico diferente, que caracteriza a facilidade ou dificuldade do mesmo em variar sua temperatura, quando recebe ou cede energia na forma de calor.

Da análise desta terceira situação concluímos que:

$$\Delta Q \propto \underline{\hspace{10em}}$$

A partir da análise das 3 situações acima verifica-se que a energia trocada na forma de calor entre dois corpos depende de 3 fatores:

$$\Delta Q \propto \left\{ \begin{array}{l} \underline{\hspace{5em}} \\ \underline{\hspace{5em}} \\ \underline{\hspace{5em}} \end{array} \right.$$

E.5. RESFRIAMENTO DE UM CORPO

Guia de Experimento

Objetivo

Analisar qualitativamente os fatores que influem no resfriamento de um corpo.

Discussão Inicial

Quando servimos café em uma xícara e demoramos alguns poucos minutos para beber, se for verão o café ainda estará quente, mas se for inverno o café provavelmente estará bem frio. Por que o café esfria mais rapidamente no inverno do que no verão?

De que fatores depende o resfriamento de um corpo?

Material Utilizado

- Béquero
- Tubo de ensaio
- Sensor de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Nesta atividade experimental a turma será dividida em 6 grupos. Cada grupo fará a coleta de dados em situação diferente, por isso, verifique qual o seu grupo e faça a coleta de dados de acordo com a montagem especificada. Em todos os casos será utilizado o programa DataMate.

Importante: Embora a montagem do experimento seja diferente para cada grupo, a coleta de dados será igualmente configurada. Devem ser feitas 20 medidas de 1 minuto cada, de forma que o tempo total do experimento seja de 20 minutos.



Coleta de Dados

Instruções de como acessar o programa DataMate e configurar a coleta de dados podem ser encontradas em

http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/coleta_dados.pdf

Grupo I

Deverá ser realizada a medida do resfriamento de 25ml de água, em um tubo de ensaio, a uma temperatura inicial de 80°C. As medidas serão realizadas com o tubo de ensaio imerso no ar.

Grupo II

Deverá ser realizada a medida do resfriamento de 25ml de água, em um tubo de ensaio, a uma temperatura inicial de 80°C. Neste experimento, antes de começar as medidas, o tubo de ensaio deve ser mergulhado em um béquer contendo água à temperatura ambiente.

Grupo III

Deverá ser realizada a medida do resfriamento de 25ml de água, em um tubo de ensaio, a uma temperatura inicial de 80°C. Neste experimento, antes de começar as medidas, o tubo de ensaio deve ser mergulhado em um béquer contendo água gelada (aproximadamente 5°C).

Grupo IV

Deverá ser realizada a medida do resfriamento de 200ml de água, em um béquer de 250ml, a uma temperatura inicial de 80°C. As medidas serão realizadas com o béquer imerso no ar.

Grupo V

Deverá ser realizada a medida do resfriamento de 200ml de água, em um béquer de 1000ml, a uma temperatura inicial de 80°C. As medidas serão realizadas com o béquer imerso no ar.

Grupo VI

Deverá ser realizada a medida do resfriamento de 50ml de água, em um béquer de 250ml, a uma temperatura inicial de 80°C. As medidas serão realizadas com o béquer imerso no ar.

Após coletar os dados, cada grupo deverá digitar os dados coletados em uma planilha eletrônica e construir um gráfico temperatura versus tempo. Em seguida, cada grupo deve distribuir uma cópia do seu gráfico aos outros grupos de forma que todos os grupos tenham os resultados de todos os experimentos realizados.

Discussão do Experimento

1. Compare os resultados obtidos pelos diferentes grupos. Observando a montagem do experimento realizada por cada grupo, discuta com seu grupo e faça uma relação de fatores que influem no resfriamento de um corpo.
2. Explique agora, por que o café esfria mais rapidamente no inverno do que no verão.

E.6. CALOR ESPECÍFICO

Guia de Experimento

Objetivo

Compreender o significado físico do calor específico de uma substância e medir o calor específico do alumínio a partir da análise da curva de resfriamento.

Discussão Inicial

Sabemos que quanto maior for a quantidade de energia cedida ou recebida por um determinado objeto, maior será a sua correspondente variação de temperatura. Mas, quando fornecemos a mesma quantidade de energia a dois corpos distintos, estes apresentarão a mesma variação de temperatura? Justifique a sua resposta.

Quando vamos à praia notamos que a areia esquenta mais rapidamente do que a água da praia. A figura ao lado pode ajudar você a lembrar disto. Muitas vezes, fica difícil andar descalço na areia por ela estar “escaldando” (muito quente), no entanto, o mergulho na água é sempre refrescante. Na sua opinião, por que isto acontece? Explique.



Material Utilizado

- Proveta
- Copo isopor
- Bloco de alumínio
- Sensor de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Conecte o sensor de temperatura ao canal analógico 1 do sistema CBL (este canal é representado na calculadora por ~CH1). Será utilizado o programa DataMate.

Importante: Configure o CBL para coletar 12 valores de temperatura em intervalos de 30 em 30s. Dessa forma o experimento deve ter um tempo total de duração de 360s (6min).



Coleta de Dados

Instruções de como acessar o programa DataMate e configurar a coleta de dados podem ser encontradas em

http://www.cefetrs.tc.br/~denise/caloretemperatura/coleta_dados.pdf

Meça a temperatura ambiente e anote.

Meça a massa do bloco de alumínio.

Utilize uma proveta para medir 75ml de água, que deve estar a uma temperatura aproximadamente 10°C acima da temperatura ambiente.

Coloque os 75ml de água no copo de isopor e comece a coletar as medidas quando a água estiver na temperatura acima mencionada (10°C acima da temperatura ambiente).

Meça o resfriamento da água no copo de isopor por 2min (120s) e após mergulhe o bloco de alumínio no copo de isopor. A partir deste instante até o final do experimento mexa delicadamente a água sem parar.

Discussão do Experimento

1. A partir dos dados e do gráfico coletados durante o experimento determine o calor específico do alumínio e explique o significado físico do valor encontrado.
2. O valor encontrado por seu grupo para o calor específico do alumínio é igual ao tabelado? Se for diferente, que fatores você acha que interferiram nessa diferença? Explique.

3. Por que motivo você acha que foi recomendado usar a temperatura inicial da água 10°C acima da temperatura ambiente? Por que não utilizar água a uma temperatura inicial de 80°C , por exemplo?
4. Agora, detenha-se no intervalo em que se considerou que a troca de energia ocorreu entre a água e o bloco de alumínio. Por que se considera uma aproximação dizer que, neste caso, todo calor cedido pela água foi absorvido pelo bloco de alumínio?
5. Detenha-se, ainda, no intervalo em que se considerou que a troca de energia ocorreu entre a água e o bloco de alumínio. A variação de temperatura sofrida pelo bloco de alumínio também foi a mesma sofrida pela massa de água em questão? Por quê?
6. Explique novamente, só que agora utilizando o conceito de calor específico, porque a areia aquece mais rapidamente que a água da praia?

Referência

MATTOS, C.; GASPAR, A. Uma medida de calor específico sem calorímetro. *Rev. Bras. Ens. de Física*, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 45-48, mar. 2003.

E.7. MUDANÇA DE ESTADO FÍSICO

Guia de Experimento

Objetivo

Compreender as transformações de energia durante a mudança de estado físico.

Discussão Inicial

Sempre que um corpo recebe ou cede energia sua temperatura sofre alteração? Explique.

Material Utilizado

- Béquero
- Gelo
- Sensor de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Conecte o sensor de temperatura ao canal analógico 1 do sistema CBL (este canal é representado na calculadora por ~CH1). Será utilizado o programa DataMate.

Importante: Configure o CBL para coletar 25 valores de temperatura em intervalos de 30 em 30s. Dessa forma o experimento deve ter um tempo total de duração de 750s.



Coleta de Dados

Instruções de como acessar o programa DataMate e configurar a coleta de dados podem ser encontradas em

http://www.cefetrs.tc.br/~denise/caloretemperatura/coleta_dados.pdf

Triture algumas pedras de gelo e coloque-as em um béquer.

Coloque o sensor de temperatura no interior do béquer e a seguir coloque o béquer sobre a chama de uma lamparina.

Colete a temperatura começando pelo derretimento do gelo até a água resultante da fusão ferver. Quando começar a ferver colete a temperatura por uns 3s e termine o experimento.

Discussão do Experimento

- 1) Observe o gráfico deste experimento. Você pode notar nele três regiões distintas? Explique o que aconteceu, com a massa de água, durante a coleta de dados em cada região.
- 2) Que mudanças de estado físico ocorreram neste experimento?
- 3) O que se observa em relação à temperatura da água durante a mudança de estado físico? Para onde está indo a energia cedida à massa de água durante as mudanças de estado físico?
- 4) Responda novamente a questão inicial: Sempre que um corpo recebe ou cede energia sua temperatura sofre alteração? Explique.

E.8. CALOR LATENTE DE FUSÃO

Guia de Experimento

Objetivo

Medir o calor latente de fusão da água a partir da análise de sua curva de resfriamento.

Discussão Inicial

Vimos que durante a mudança de estado físico um corpo recebe ou cede energia, mas a sua temperatura permanece constante.

Quando queremos resfriar uma bebida, acrescentamos gelo a ela. Explique porque o gelo resfria a bebida?

Se quisermos resfriar mais rapidamente a bebida acrescentamos um número maior de pedras de gelo. Esta prática funciona? Explique.

Material Utilizado

- Proveta
- Copo isopor
- Gelo
- Sensor de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Conecte o sensor de temperatura ao canal analógico 1 do sistema CBL (este canal é representado na calculadora por ~CH1). Será utilizado o programa DataMate.

Importante: Configure o CBL para coletar 12 valores de temperatura em intervalos de 30 em 30s. Dessa forma o experimento deve ter um tempo total de duração de 360s (6min).



Coleta de Dados

Instruções de como acessar o programa DataMate e configurar a coleta de dados podem ser encontradas em

http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/coleta_dados.pdf

Meça a temperatura ambiente e anote.

Utilize a proveta para medir, cuidadosamente, 200ml de água, e coloque-a no copo de isopor. A temperatura da água deve estar cerca de 5°C acima da temperatura ambiente.

Meça o resfriamento da água no copo de isopor por 5s. Após, seque um cubo de gelo com um guardanapo de papel e mergulhe-o na água do copo de isopor. A partir deste instante até o final do experimento mexa delicadamente a água sem parar.

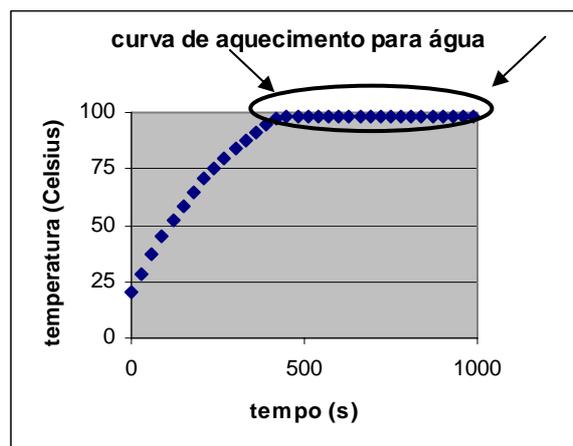
Após coletar os dados deve-se medir novamente o volume de água contido no copo de isopor. Faça isso, cuidadosamente, usando a proveta. Anote o novo volume encontrado.

Atenção!!! O sucesso de seu experimento depende de medidas precisas do volume de água, por isso procure minimizar erros na hora da medida.

Discussão do Experimento

- 1) A partir dos dados e do gráfico coletados durante o experimento determine o calor latente de fusão do gelo e explique o significado físico do valor encontrado.
- 2) O valor encontrado por seu grupo para o calor latente de fusão do gelo é igual ao tabelado? Caso tenha havido diferença entre estes valores, que fatores você acha que contribuíram para esta diferença? Explique.
- 3) O calor latente de fusão de um objeto depende da massa desse objeto ou do material de que ele é feito? Explique.

- 4) Na figura ao lado temos o gráfico da temperatura em função do tempo de uma porção de água que está sendo aquecida. Responda às questões abaixo:



a) Embora, a partir de certo ponto, energia esteja sendo fornecida a esta porção de água sua temperatura não está variando (Veja, no gráfico ao lado, a região indicada pelas setas). Por quê?

b) No experimento que acabou de ser realizado sobre a determinação do calor latente de fusão do gelo, você obteve um gráfico de temperatura em função do tempo em que a temperatura variou enquanto o bloco de gelo fundia. A temperatura não deveria permanecer constante durante a mudança de estado físico, conforme no gráfico mostrado ao lado? Explique.

- 5) Por que motivo você acha que é aconselhado que, neste experimento, a temperatura inicial da água esteja da ordem de 5°C acima da temperatura ambiente?
- 6) Ao analisar os resultados deste experimento você acha que realizou alguma aproximação? Qual (is)?
- 7) Quando queremos resfriar uma bebida, acrescentamos gelo a ela. Explique porque o gelo resfria a bebida?

Referência

ROBINSON, P. *Conceptual physics: laboratory manual*. Reading: Addison Wesley Longman, 1987. 320p.

E.9. RESFRIAMENTO DA ÁGUA EM UM RECIPIENTE DE CERÂMICA

Guia de Experimento

Objetivo

Investigar o resfriamento da água contida em um recipiente de cerâmica.

Discussão Inicial

Antigamente, na época em que não existia geladeira, costumava-se utilizar um recipiente feito de barro para armazenar e refrescar água potável. Este recipiente é chamado de moringa e talvez ainda hoje seja utilizado em alguns lugares.



Na figura ao lado, temos a ilustração de dois destes recipientes. Mas, a questão interessante do ponto de vista da Física nesta situação é a seguinte: Será que esse recipiente que era utilizado para armazenar e refrescar água realmente mantinha a água em seu interior a temperatura mais baixa que a do ambiente? Se isso acontecia qual a explicação da Física para este fato?

Material Utilizado

- Recipiente de cerâmica
- Garrafa de plástico
- 2 Sensores de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Medir a variação da temperatura da água colocada dentro de um recipiente de cerâmica. Fazer o mesmo utilizando um recipiente de plástico. Conecte o sensor de

temperatura ao canal analógico 1 do sistema CBL (este canal é representado na calculadora por ~CH1). Será utilizado o programa DataMate.



Coleta de Dados

Instruções de como acessar o programa DataMate e configurar a coleta de dados podem ser encontradas em

http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/coleta_dados.pdf

Importante: Configure o CBL para coletar valores de temperatura em intervalos de 60s. Dessa forma o experimento deve ter um tempo total de duração de 15min.

Observação: Na realização deste experimento é importante garantir que a água esteja em equilíbrio térmico com os recipientes utilizados. Para isto, a sugestão é deixá-los algumas horas no mesmo ambiente antes de fazer as medidas.

Discussão do Experimento

- Comparando o gráfico da temperatura em função do tempo da quantidade de água que estava no recipiente de cerâmica com aquela que estava no recipiente de plástico nota-se alguma diferença? No caso de resposta afirmativa a que se deve esta diferença?

Para tentar esclarecer um pouco mais o que está acontecendo realize um outro experimento: ALGODÕES ÚMIDOS.

ALGODÕES ÚMIDOS

Objetivo

Investigar a variação de temperatura de um termômetro cujo bulbo seja envolvido em um algodão umedecido.

Discussão Inicial

Por que sentimos a sensação de frio ao sairmos de um banho de mar ou piscina mesmo em um dia quente, quando está ventoso?

Algumas pessoas possuem a mania de molhar o pátio de suas casas em dias muito quentes. Segundo elas, fazendo isto provoca-se um refrescamento. Você já fez ou viu alguém fazendo isto? Será que funciona?

Material Utilizado

- Algodão
- Água
- Álcool
- 2 Sensores de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Coloque um pedaço de algodão umedecido com água em contato com um dos sensores de temperatura. No outro envolva um pedaço de algodão umedecido com álcool.

Importante: Configure o CBL para coletar valores de temperatura em intervalos de 60s. Dessa forma o experimento deve ter um tempo total de duração de 10min.



Coleta de Dados

Instruções de como acessar o programa DataMate e configurar a coleta de dados podem ser encontradas em

http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/coleta_dados.pdf

Discussão do Experimento

- Como explicar a variação de temperatura registrada pelo sensor de temperatura?
- Por que essa variação registrada é mais intensa no sensor que foi envolvido em algodão umedecido com álcool?

E.10. PRESSÃO DE VAPOR

Guia de Experimento

Objetivo

Investigar a relação entre pressão de vapor e temperatura.

Discussão Inicial

A temperatura em que a água entra em ebulição é sempre a mesma em qualquer situação?



Por que utilizamos a panela de pressão quando necessitamos cozinhar mais rápido os alimentos?



Experimento 1: MEDINDO A PRESSÃO DE VAPOR

Material Utilizado

- Béquer
- Erlenmeyer
- Água
- Álcool
- Sensor de pressão
- Sensor de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Como o objetivo desse experimento é medir a pressão de vapor exercida por um líquido é importante tentar eliminar o máximo possível o ar no interior do erlenmeyer para garantir que a pressão medida é exercida somente pelo vapor do líquido em questão. Para isto, sugere-se colocar o erlenmeyer com aproximadamente 50ml de água e já com a rolha, só que neste caso com a válvula aberta, sobre a chapa quente, ao lado do béquer com água no qual o erlenmeyer será imerso, posteriormente, para realização das medidas. A idéia é deixar a água no interior do erlenmeyer ferver um pouco e assim expulsar o ar do interior do recipiente. Quando os dois recipientes (erlenmeyer e béquer) estiverem com água a mesma temperatura (fervendo), fecha-se a válvula acoplada à rolha, impedindo a passagem do ar. Conecta-se os sensores de pressão (este sensor deve ser conectado ao erlenmeyer, através de uma mangueira ajustada à rolha) e de temperatura ao CBL e, então, inicia-se a medida durante o resfriamento do conjunto. A montagem está ilustrada na figura ao lado. Para realização deste experimento será utilizado o programa DataMate.



Lembre-se: Conecte o sensor de temperatura ao canal analógico 1 do sistema CBL (este canal é representado na calculadora por ~CH1) e o sensor de pressão em gases ao canal analógico 2 (~CH2).



Coleta de Dados

Instruções de como acessar o programa DataMate e configurar a coleta de dados podem ser encontradas em

http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/coleta_dados.pdf

Sugestão: Para este experimento podem ser feitas 30 medidas em intervalos de 2 minutos, de forma que o tempo total do experimento seja de 60 minutos.

Depois de configurada na calculadora a coleta de dados, você está apto a começar o experimento. A coleta de dados, em tempo real, é visualizada na tela da calculadora. Ao encerrar a coleta, o sistema CBL emitirá um sinal sonoro. Três gráficos estarão a sua disposição: temperatura versus tempo, pressão versus tempo e pressão versus temperatura.

Continuando o Experimento...: Este experimento pode ser repetido utilizando álcool em vez de água no erlenmeyer e, obter então, a variação da pressão de vapor do álcool com a temperatura. Os dados coletados poderão ser comparados com os coletados para pressão de vapor da água.

Discussão do Experimento

- 1) Qual o significado físico da curva coletada? Que informações podemos tirar desta curva?
- 2) Compare curvas de pressão de vapor de diferentes substâncias como água e álcool. Discuta as diferenças entre estas curvas.

Experimento 2: RE-EBULIÇÃO DA ÁGUA

Material Utilizado

- Erlenmeyer
- Água
- Rolha

Realização do Experimento

Coloque aproximadamente 100ml de água no erlenmeyer e, a seguir, ferva esta água. Após a fervura feche o erlenmeyer com uma rolha, vire-o de cabeça para baixo e despeje água fria sobre ele.

Discussão do Experimento

Explique como é possível fazer a água entrar em ebulição a partir do seu resfriamento.

Experimento 3: FERVENDO ÁGUA À TEMPERATURA AMBIENTE

Material Utilizado

- Erlenmeyer grande
- Água
- Bomba de vácuo

Realização do Experimento

Coloque água à temperatura ambiente no erlenmeyer e conecte este à bomba de vácuo. Ligue a bomba e veja o que acontece.

Discussão do Experimento

- 1) A temperatura em que a água entra em ebulição é sempre a mesma em qualquer situação?
- 2) De que forma podemos variar a temperatura de mudança de estado físico de uma substância?
- 3) De que forma a pressão influencia a temperatura de ebulição das substâncias?
- 4) Porque utilizamos a panela de pressão quando necessitamos cozinhar mais rápido os alimentos?

E.11. MEDINDO A UMIDADE RELATIVA

Guia de Experimento

Objetivo

Medir a umidade relativa do ar.

Discussão Inicial

O que significa dizer que a umidade relativa do ar é igual a 70%? Como se pode calcular este valor?

Material Utilizado

- Latinha de refrigerante, vazia e sem tampa
- Água e gelo
- Termômetro

Realização do Experimento

Um dos métodos utilizados para medir a umidade relativa do ar é através da temperatura do ponto de orvalho. Ponto de orvalho é a temperatura na qual o vapor d'água se torna saturado.

Se colocarmos água, inicialmente a temperatura ambiente, em um recipiente de metal com superfície polida veremos que, adicionando gelo em pequenos pedaços, em alguns instantes a superfície do recipiente fica embaçada devido à condensação do vapor d'água do ar. A temperatura da água neste momento é a temperatura do ponto de orvalho. Usando-se esta temperatura e a temperatura ambiente podemos, com auxílio de uma tabela de pressão de vapor verificar:

- a pressão de vapor saturado para a temperatura ambiente medida;
- a pressão parcial de vapor d'água através da temperatura do ponto de orvalho.

De posse destas informações fica fácil determinar a umidade relativa do ar em um determinado ambiente.

Para realização deste experimento você pode encontrar uma tabela de pressão de vapor em <http://www.cefetrs.tche.br/~denise/mudancadeestadofisico/tabelapresvapor.pdf>

Discussão do Experimento

- 1) Compare o resultado encontrado neste experimento com aquele disponível em uma página na internet que mostra a previsão do tempo para a nossa cidade. Consulte, por exemplo, a seguinte página: <http://br.weather.com/weather/local/BRXX0176>.
- 2) Explique o que significa fisicamente a temperatura do ponto de orvalho.
- 3) Qual o significado físico do valor encontrado por você para a umidade relativa do ar?

E.12. FORMAÇÃO DA GEADA

Guia de Experimento

Objetivo

Compreender a formação da geada.

Discussão Inicial

Como se pode explicar a formação de geada em dias frios?

Material Utilizado

- Latinha de refrigerante vazia sem a tampa
- Gelo picado
- Sal grosso
- Sensor de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Coloque gelo picado até aproximadamente a metade da latinha de refrigerante. A seguir, coloque sal grosso até mais ou menos um quarto do volume da latinha. Mexa a mistura e observe o que vai acontecendo.

Após mais ou menos 5 minutos meça a temperatura da mistura.

Discussão do Experimento

- 1) Identifique quais as condições necessárias para a formação de geada.
- 2) Medindo a temperatura da mistura, após mais ou menos cinco minutos, você deve ter encontrado um valor em torno de -10°C ou -15°C . Você também pode verificar

que, mesmo a essa temperatura, o gelo acabou derretendo. Como se explica a obtenção de água líquida a essa temperatura? A resposta a esta questão ajudará você a compreender outras questões como: Por que a água dos oceanos se mantém líquida mesmo em regiões polares líquida nos pólos? Por que nos países onde neva, costuma-se colocar sal nas calçadas sobre o gelo?

Referência

NETTO, L. F. *Geadas*. Disponível em:

<http://www.feiradeciencias.com.br/sala02/02_052.asp> Acesso em: 15 abr. 2005.

E.13. REFLEXÃO E ABSORÇÃO DA LUZ

Guia de Experimento

Objetivo

Investigar a relação entre a reflexão de luz por corpos de várias cores e a variação de temperatura devido à absorção de energia.

Discussão Inicial

Observe a figura ao lado. Em um dia como este, "muito quente", você prefere sair à rua usando roupas claras ou escuras? Por que?



Material Utilizado

- Lâmpada de 100W
- Papéis: alumínio (liso e crespado), branco e preto (opaco e brilhoso)
- Sensor de intensidade luminosa
- Sensor de temperatura
- Sistema CBL

Realização do Experimento

Nesta atividade experimental cada grupo fará a coleta de dados utilizando material diferente, por isso, verifique qual o material utilizado pelo seu grupo e faça a coleta de dados de acordo com a montagem especificada.

Conecte o sensor de luz ao canal analógico 1 do sistema CBL (este canal é representado na calculadora por ~CH1) e o sensor de temperatura no canal analógico 2 (representado na calculadora por ~CH2). Será utilizado o programa DataMate.

Importante: Configure o CBL para coletar 60 valores em intervalos de 10 em 10s. Dessa forma o experimento deve ter um tempo total de duração de 600s (10min).



Coleta de Dados

Instruções de como acessar o programa DataMate e configurar a coleta de dados podem ser encontradas em

http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/coleta_dados.pdf

Faça a montagem como mostra a Figura 1:

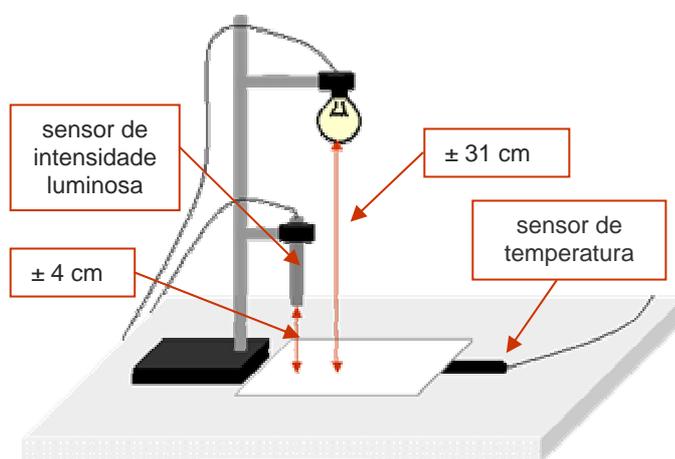


Figura 1

Com a lâmpada acesa, inicie a coleta de dados. Após 10 min, a coleta terá acabado e você deverá, então, dar início à análise dos dados. Neste experimento utilizaremos os seguintes passos para analisar os dados:

1. Selecione a opção MAIN SCREEN para retornar a tela principal do programa DataMate.
2. Selecione, então, a opção 4:ANALYZE.
3. No menu de ANALYZE OPTIONS, selecione a opção 4:STATISTICS.
4. Selecione inicialmente CH1-LIGHT. Neste momento aparecerá na tela da calculadora o gráfico de intensidade luminosa em função do tempo.
5. O próximo passo é selecionar a área do gráfico que se quer analisar. Neste caso optaremos por utilizar todo o gráfico, para isto pressione **ENTER** para selecionar o limite esquerdo e, após, mova o cursor utilizando a tecla **→** até o extremo direito do gráfico e clique **ENTER** para selecionar o limite direito.

6. Após alguns instantes a tela da calculadora se apresentará como a Fig. 2 (nessa figura foi colocado em azul o significado dos termos que aparecem na tela da calculadora). Nesta tela encontram-se os valores que nos interessa analisar. Neste caso, para leituras do sensor de luz, anote na Tabela 1 o valor médio expresso em "MEAN".

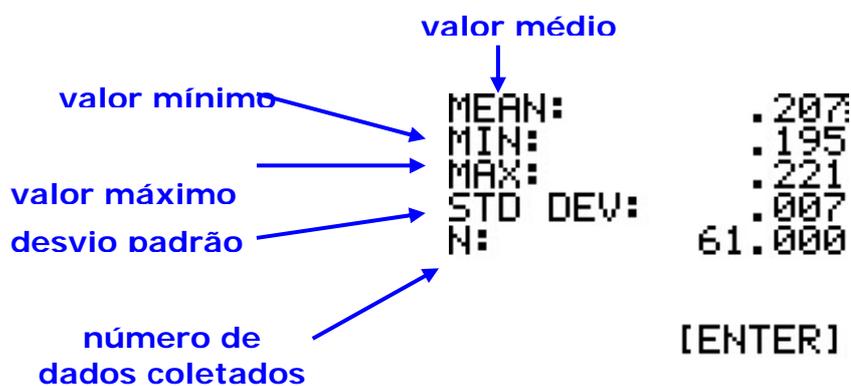


Figura 2

7. Agora refaça os passos de 3 a 6, optando no passo 4 pelo CH2-TEMP(C). Neste caso, para leituras do sensor de temperatura, anote na tabela 1 o valor máximo e mínimo.

Anote seus dados, de acordo com a coleta realizada, na tabela abaixo. Após troque os dados obtidos com os demais grupos.

Tabela 1: Dados coletados pelos diferentes grupos.

Papel	Branco	Preto opaco	Preto brilhoso	Alumínio liso	Alumínio crespo
Temperatura inicial (°C)					
Temperatura final (°C)					
Variação de temperatura (°C)					
Intensidade luminosa refletida (%)					

Discussão do Experimento

- 1) De acordo com os dados coletados, a variação de temperatura foi a mesma em todas as situações? Caso tenha sido diferente, que cor de papel obteve a maior variação de temperatura? Que cor, obteve a menor variação de temperatura?

- 2) Ainda observando os dados coletados, em que situação a intensidade luminosa refletida foi maior? E onde foi menor?
- 3) Que relação você observa entre as grandezas temperatura e intensidade luminosa refletida comparando as respostas dadas às questões 1 e 2?
- 4) Explique a relação relatada por você na questão 3 em termos de conservação de energia (energia incidente, refletida, absorvida e transmitida).
- 5) Utilizando as conclusões deste experimento, responda novamente à questão colocada na discussão inicial: Num dia muito quente você prefere sair à rua usando roupas claras ou escuras? Por que?
- 6) Que cor você acha mais apropriada na construção de um coletor de energia solar? Explique.
- 7) De acordo com as medidas realizadas, só a cor interfere no percentual de energia refletida ou fatores, tais como a textura do papel, também influenciam no processo?

Referência

VERNIER EARTH SCIENCE. Disponível em
<http://www2.vernier.com/sample_labs/calculator/earthscience/reflectionandabsorption_23.pdf>. Acesso em 10 nov. 2004.

E.14. CORRENTES DE CONVECÇÃO

Guia de Experimento

Objetivo

Verificar de que forma ocorre o aquecimento de um líquido constatando a formação das correntes de convecção.

Discussão Inicial

Quando se pretende instalar um aparelho de ar condicionado em uma sala, para ser utilizado durante o inverno, este deve ser colocado na parte inferior ou superior da parede? E no caso de se pretender utilizá-lo no verão? Justifique suas respostas.

O aquecimento de um líquido ocorrerá igualmente se este for aquecido pela parte inferior ou superior do recipiente que o contém?

Material Utilizado

- Tubo de ensaio
- Permanganato de Potássio (cor púrpura)
- Lamparina
- Tenaz para tubo de ensaio

Realização do Experimento

Segure o tubo de ensaio com a tenaz, encha de água e coloque dentro deste uma pequena porção de permanganato de potássio. A seguir acenda a lamparina e aqueça o tubo de ensaio inicialmente pela parte superior, mas sob o líquido. Após alguns instantes o que se pode observar? É possível tocar na parte inferior do tubo sem se queimar?

Agora aqueça o tubo pela parte inferior e observe o que acontece.

Discussão do Experimento

1. Quando se aquece o tubo de ensaio pela parte superior é possível fazer com que a água desta região ferva e, ao mesmo tempo, pode-se tocar na parte inferior do tubo e sentir que a água nesta região continua fria. Explique como isto é possível.
2. Explique, então, como se formam as correntes de convecção.
3. Ao aquecer a água pela parte inferior do tubo de ensaio é possível perceber a formação das correntes de convecção e aos poucos a água vai ficando colorida. Porém, se você foi um observador atento deve ter percebido que essa água colorida não se misturou imediatamente com a água da parte superior do tubo de ensaio que já havia fervido. (a) Explique porque isto ocorre. (b) Qual a condição para que a porção d'água da parte superior comece a ficar colorida?
4. Quando se pretende instalar um aparelho de ar condicionado em uma sala, para ser utilizado durante o inverno, este deve ser colocado na parte inferior ou superior da parede? E no caso de se pretender utilizá-lo no verão? Justifique suas respostas.

E.15. SISTEMA CBL*



Sistema CBL

INSTRUÇÕES PARA COLETA DE DADOS

Abaixo encontram-se algumas informações para acesso ao programa DataMate utilizado na coleta de dados, assim como, orientações para configurar a coleta utilizando este programa.

ATENÇÃO!

Note que a grafia dos diferentes termos foi mantida na língua inglesa, pois é assim que eles aparecem na tela da calculadora.

1. Iniciando o programa DataMate

- a. Após a montagem do experimento, ligue a calculadora e clique no botão **APPS**. Selecione, então, o aplicativo DataMate (Fig.1). Esta seleção pode ser feita simplesmente digitando o número que acompanha o nome do programa no visor da calculadora, neste caso o número 3, ou ainda movendo o cursor até esta opção e a seguir teclar **ENTER**.



Figura 1

- b. Você pode verificar que, ao entrar no programa DataMate, o sensor conectado à calculadora será identificado automaticamente. Neste momento a imagem que aparecerá na tela da calculadora será como a representada na Fig.2.

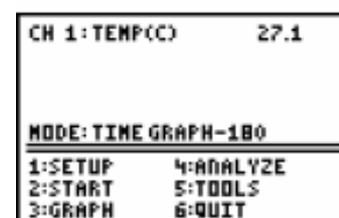


Figura 2

* Calculator Based Laboratory. Em português Sistema Baseado em Calculadora.

2. Configurando a coleta de dados

No programa DataMate existem 5 configurações diferentes para coleta de dados:

1: LOG DATA	Pede para iniciar o procedimento de configuração rápida.
2: TIME GRAPH	Permite definir o intervalo de tempo entre as amostras e o número de pontos recolhidos. É o modo pré-definido.
3: EVENTS WITH ENTRY	Recolhe um ponto sempre que pressionar ENTER e, em seguida, pede para correlacionar esse ponto com um valor numérico.
4: SINGLE POINT	Recolhe um ponto por segundo durante dez segundos e mostra um ponto médio.
5: SELECTED EVENTS	Recolhe um ponto sempre que pressionar ENTER na calculadora.

Para alterar o modo de coleta de dados realize os seguintes procedimentos:

- a. Na tela principal do programa DataMate (mostrada na Fig.2) escolha a opção 1:SETUP. Para isto basta digitar o número 1. Aparecerá na tela da calculadora a imagem ilustrada na Fig.3.

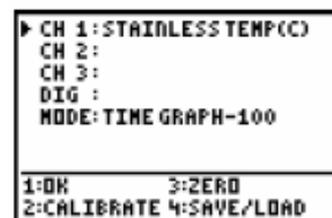


Figura 3

- b. Mova o cursor até a opção MODE e tecla **ENTER**. A Fig.4 aparecerá na tela da calculadora e você poderá optar pelo modo de coleta de dados que melhor se adapta ao experimento a ser realizado. A escolha é feita pressionando o número correspondente ao modo desejado.

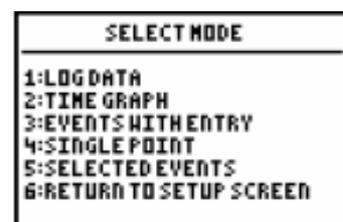


Figura 4

Os modos de coleta de dados mais usados aqui são TIME GRAPH e EVENTS WITH ENTRY. A seguir, serão dadas orientações específicas na utilização destes dois modos.

2.1. TIME GRAPH

- a. Ao optar pelo modo TIME GRAPH aparecerá na tela da calculadora a imagem mostrada na Fig.5. Se a configuração de coleta de dados estiver de acordo com o seu experimento, escolha a opção 1:OK. Caso seja necessário mudar a configuração, escolha a opção 2:CHANGE TIME SETTINGS.

```

TIME GRAPH SETTINGS
TIME INTERVAL: 1
NUMBER OF SAMPLES: 100
EXPERIMENT LENGTH: 100
-----
1:OK          2:ADVANCED
2:CHANGE TIME SETTINGS
  
```

Figura 5

- b. Ao optar por 2: CHANGE TIME SETTINGS aparecerá na tela da calculadora a Fig.6. Neste momento você deve digitar, de acordo com o experimento que pretende realizar, o intervalo de tempo entre as amostras, em segundos. Após digitar o intervalo desejado tecler **ENTER**.

```

ENTER TIME
BETWEEN SAMPLES
IN SECONDS:
█
  
```

Figura 6

- c. Após digitar **ENTER** aparecerá na tela da calculadora a Fig.7. Digite, então, o número de amostras que pretende coletar e tecler **ENTER**. O tempo de duração do experimento (EXPERIMENT LENGTH) será calculado automaticamente e na tela da calculadora aparecerá, então, como a Fig.5 (só que agora a configuração mostrada será a que foi escolhida por você). Escolha a opção 1:OK. Nesse momento aparecerá a tela SETUP (Fig.3), digite 1:OK para retornar a tela principal do programa (Fig.2).

```

ENTER TIME
BETWEEN SAMPLES
IN SECONDS: 30
ENTER NUMBER
OF SAMPLES: █
  
```

Figura 7

- d. Quando estiver preparado, digite o número 2 para escolher a opção 2:START. Neste momento será iniciada a coleta de dados.

2.2. EVENTS WITH ENTRY

- a. Após a escolha de EVENTS WITH ENTRY aparecerá na tela a imagem mostrada na Fig.3. Escolhendo a opção 1:OK você estará de volta a tela principal do programa (Fig.2).

- b. Neste momento a coleta de dados pode ser iniciada, para isto, basta digitar 2:START. Aparecerá, então, na tela da calculadora uma imagem semelhante à Fig.8.

```
PRESS ENTER TO COLLECT
OR (STOP) TO STOP
1 .009
```

Figura 8

- c. Tecla **ENTER** no momento em que desejar coletar uma medida. Aparecerá na tela a Fig.9, você deve, então, digitar o valor numérico da grandeza que deseja associar ao valor coletado anteriormente pelo sensor.

```
ENTER VALUE
?
```

Figura 9

- d. O procedimento do item c será repetido até que você colete o número de pontos desejados. Nesse momento tecla **STO→** e a coleta de dados será encerrada.

3. Salvando um Experimento

Após a realização do experimento você pode salvar os dados coletados, para isto siga os seguintes passos:

- a. Na tela principal do programa DataMate (mostrada na Fig.2) escolha a opção 1:SETUP. Para isto basta digitar o número 1. Aparecerá na tela da calculadora a imagem ilustrada na Fig.10.

```
▶ CH 1: STAINLESS TEMP(C)
CH 2:
CH 3:
DIG:
MODE: TIME GRAPH-100

1:OK          3:ZERO
2:CALIBRATE  4:SAVE/LOAD
```

Figura 10

- b. Escolha, então, a opção 4: SAVE/LOAD. Neste momento a imagem que aparecerá na tela da calculadora será como a representada na Fig.11.

```
EXPERIMENT MENU
1:SAVE EXPERIMENT
2:LOAD EXPERIMENT
3:DELETE EXPERIMENT
4:DELETE ALL EXPERIMENTS
5:RETURN TO SETUP SCREEN
```

Figura 11

- c. Escolha a opção 1: SAVE EXPERIMENT para salvar seu experimento. A tela da calculadora aparecerá como a Figura 12.



Figura 12

- d. Digite um nome para o seu experimento de até 20 caracteres e tecle **ENTER**. Sua experiência está salva e aparecerá novamente a tela principal do programa DataMate.

Referência:

Texas Instruments. *Introdução ao CBL2™*. 2000. 88p.

APÊNDICE F – DADOS RELACIONADOS À ANÁLISE ESTATÍSTICA

F.1. TABELA DE RESULTADOS INDIVIDUAIS DO PRÉ E DO PÓS-TESTE

Na Tabela F.1.1 são apresentados o número de acertos de cada aluno no pré e no pós-teste.

Tabela F.1.1: Número de acertos de cada aluno no pré e no pós teste.

Aluno	Turma	Pré-teste	Pós-teste
1	104	36	39
2	104	20	42
3	104	32	48
4	104	25	46
5	104	30	44
6	104	45	44
7	104	22	40
8	104	32	39
9	104	17	32
10	104	24	29
11	104	22	46
12	104	37	46
13	104	28	42
14	104	28	46
15	104	26	34
16	104	20	37
17	104	18	40
18	104	28	42
19	104	35	46
20	104	40	46
21	104	32	44
22	104	23	39
23	104	16	30
24	104	31	44
25	104	20	32
26	104	24	44
27	104	33	45
28	104	24	34
29	104	20	48
30	104	18	42
31	125	22	30
32	125	25	36
33	125	20	44
34	125	26	42
35	125	23	42
36	125	21	37
37	125	24	32
38	125	22	28
39	125	35	46
40	125	22	34
41	125	33	37

42	125	32	48
43	125	32	37
44	125	23	33
45	125	26	38
46	125	29	45
47	125	24	28
48	125	24	28
49	125	21	35
50	125	37	40
51	125	23	37
52	125	23	18
53	125	26	40
54	125	19	29
55	125	21	29
56	125	34	44
57	125	22	38
58	125	23	40

F.2. COMPARAÇÃO ENTRE OS ESCORES TOTAIS MÉDIOS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE

A Figura F.2.1 é um gráfico de *barra de erro* para os escores totais médios no pré-teste e no pós-teste. As barras se estendem em torno da média por um desvio padrão da média (erro ou incerteza do valor médio). O desvio padrão da média está relacionado ao desvio padrão do escore total, tal que: $\text{desvio padrão da média} = \frac{\text{desvio padrão do escore total}}{\sqrt{N}}$, onde N é a população observada. Neste estudo, N= 58.

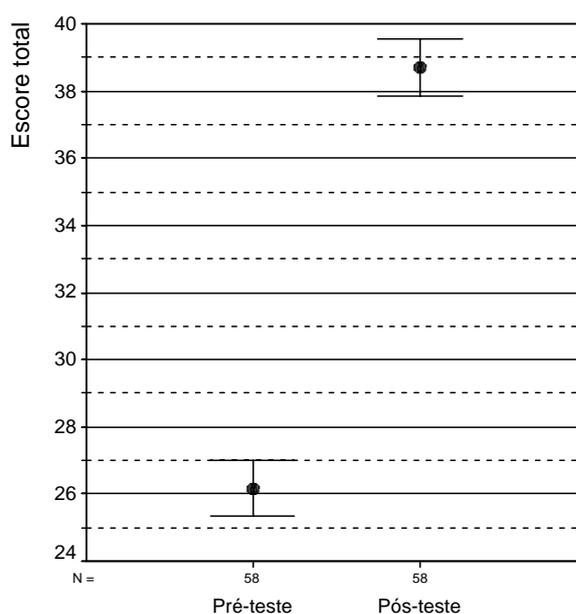


Figura F.2.1: Gráfico de barra de erro para os escores totais médios no pré-teste e no pós-teste.

APÊNDICE G – CD - ROM

APÊNDICE H – PUBLICAÇÕES E/OU APRESENTAÇÕES

PUBLICAÇÕES E/OU APRESENTAÇÕES

Este trabalho de dissertação de mestrado foi parcialmente apresentado e/ou publicado conforme as referências abaixo:

Publicação em Congresso:

- Denise Borges Sias e Rejane Maria Ribeiro Teixeira. ***Proposta de atividades experimentais em Física Térmica para o ensino médio com a utilização do sistema CBL.*** Poster apresentado com publicação de artigo no XVI Simpósio Nacional em Ensino de Física, RJ, 24 a 28 de janeiro de 2005.
- Denise Borges Sias e Rejane Maria Ribeiro Teixeira. ***Proposta de atividades experimentais em Física Térmica para o ensino médio com a utilização do sistema CBL.*** Poster apresentado com publicação de resumo na I Mostra de Pesquisa e Pós-Graduação, promovida pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 11 a 14 de maio de 2005.
- Denise Borges Sias e Rejane Maria Ribeiro Teixeira. ***Calor específico, calor latente e resfriamento de um corpo: atividades em laboratório didático de Física no ensino médio com a utilização da aquisição automática de dados.*** Poster apresentado com publicação de resumo no I Encontro Estadual de Ensino de Física, promovido pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – UFRGS, 24 a 26 de novembro de 2005.

Apresentação Oral:

- Denise Borges Sias. ***Atividades Experimentais com Calculadora.*** Apresentação realizada no Mini-simpósio: Novas Tecnologias no Ensino de Física durante o XVI Simpósio Nacional no Ensino de Física durante o XVI Simpósio Nacional em Ensino de Física, RJ, 24 a 28 de janeiro de 2005.
- Denise Borges Sias. ***Atividades Experimentais em Física Térmica para o Ensino Médio com Utilização da Aquisição Automática de Dados.*** Apresentação realizada na I Jornada de Trabalho do Mestrado Profissional em Ensino de Física, UFRGS, RS, 8 de julho de 2005.

Outros:

- Denise Borges Sias. ***Transmissão do Calor.*** Coletânea de Objetos Educacionais – Projeto Cesta/CINTED/UFRGS. Material sobre transmissão do calor, com animações em Flash MX, desenvolvido no curso de extensão Projeto e Desenvolvimento de Material Educacional em Flash MX. Disponível em: <http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/>

**ANEXO – TRANSIÇÕES DE FASE E EXPERIMENTOS COM ESTADOS
METAESTÁVEIS**

Fernando Lang da Silveira
Instituto de Física – UFRGS
Porto Alegre – RS

Resumo

Uma substância pode se apresentar no estado líquido em temperaturas superiores à do seu ponto de ebulição ou inferiores à do seu ponto de fusão. Quando isto acontece, a substância encontra-se em um estado metaestável de superaquecimento ou de superfusão e se for perturbada, por exemplo agitada, ferve ou cristaliza de imediato. Neste trabalho são descritos alguns experimentos onde se observam tais metaestados.

Palavras-chave: *Ensino de Física, termodinâmica, superaquecimento no forno de microondas, superfusão.*

I. Introdução

Em livros-texto de física geral é comum encontrar-se a afirmação de que *a água líquida, na pressão de 1 atm, se solidifica a 0°C e ferve (entra em ebulição) a 100°C*. Poder-se-ia inferir daí que não pode existir água líquida, na pressão de 1 atm, com temperatura inferior a 0°C ou com temperatura superior a 100°C. Entretanto esta inferência seria incorreta. O estado líquido pode existir a temperaturas superiores à do ponto de ebulição e a temperaturas inferiores à do ponto de solidificação da substância¹ (tais possibilidades ocorrem para outras substâncias, além da água).

O objetivo deste trabalho é apresentar alguns experimentos em que se pode observar a existência do *estado líquido* acima do *ponto de ebulição* e abaixo do *ponto de fusão* da substância.

II. Superaquecimento no forno de microondas

Uma substância encontra-se *superaquecida* quando estiver no *estado líquido* a uma temperatura superior à do seu *ponto de ebulição*. O *superaquecimento* é um *estado metaestável*, isto é, um “estado que possui precária estabilidade, podendo facilmente ser perturbado (...) uma pequena perturbação determinará que um sistema em estado metaestável cairá para um nível de energia mais baixo” (Isaacs, 1991; p. 172).

Para se obter água *superaquecida* há que se elevar a sua temperatura, na pressão de 1 atm, acima de 100°C, sem que ocorra a *ebulição*. O aquecimento da água em um recipiente em contato com uma chama não permite que ocorra o *superaquecimento*; neste processo de aquecer formam-se *correntes de convecção*, perturbando suficientemente a água para que ela entre em *ebulição* ao atingir 100°C.

¹ – É importante destacar que não estamos nos referindo aqui a efeitos da pressão sobre as temperaturas de *fusão* e de *ebulição*. Por exemplo, em uma panela de pressão o *ponto de ebulição* da água se eleva para 105°C quando a pressão é 1,2 atm e para 110°C quando a pressão é 1,4 atm. Quando se aumenta a pressão, o *ponto de fusão* da água cai abaixo de 0°C e este fato (diminuição do *ponto de fusão*) é um comportamento padrão para todas as substâncias que, ao *cristalizarem*, aumentam de volume.

Entretanto, quando a água é aquecida em um forno de microondas pode ocorrer o *superaquecimento*, isto é, a temperatura da água pode ir acima da temperatura de *ebulição* sem que a água ferva. Nas próximas três seções serão apresentados alguns experimentos simples realizados com água e com leite *superaquecidos* em um forno de microondas.

III. Detectando com um termômetro temperaturas superiores à do ponto de ebulição da água

Na figura 1 foram agrupadas duas fotos realizadas em um forno de microondas, onde “*água da torneira*” apresenta-se *superaquecida*. Para conseguirmos esse efeito retiramos o prato rotativo do forno e apoiamos o recipiente contendo água em uma tigela de sobremesa invertida, ou seja, sobre uma base estática. A retirada do prato rotativo do interior do forno de microondas permitiu que registrássemos temperaturas mais elevadas do que as atingidas quando o aquecimento era realizado sobre esse prato². Na figura 1a o termômetro digital registra a temperatura de 106°C (chegamos a medir 107°C, entretanto não conseguimos uma foto desse estado); a introdução cuidadosa da ponteira do termômetro não alterou o estado de *superaquecimento*.



Figura 1 – Detectando temperaturas superiores a do ponto de ebulição da água.

Algumas vezes a perturbação causada pela introdução da ponteira na água deflagrou a *ebulição*. Na figura 1b pode-se observar *bolhas de vapor* que se originam na ponteira e o termômetro já registra uma temperatura de 104°C, que é inferior à da figura 1a.

² – A trepidação do prato parece diminuir os efeitos de *superaquecimento*, não sendo suficiente para anulá-los. Mesmo sobre o prato que trepida ao girar, ocorrem efeitos de *superaquecimento*, e isto se constitui, como demonstraremos adiante, em riscos de queimaduras para os incautos usuários do forno microondas.

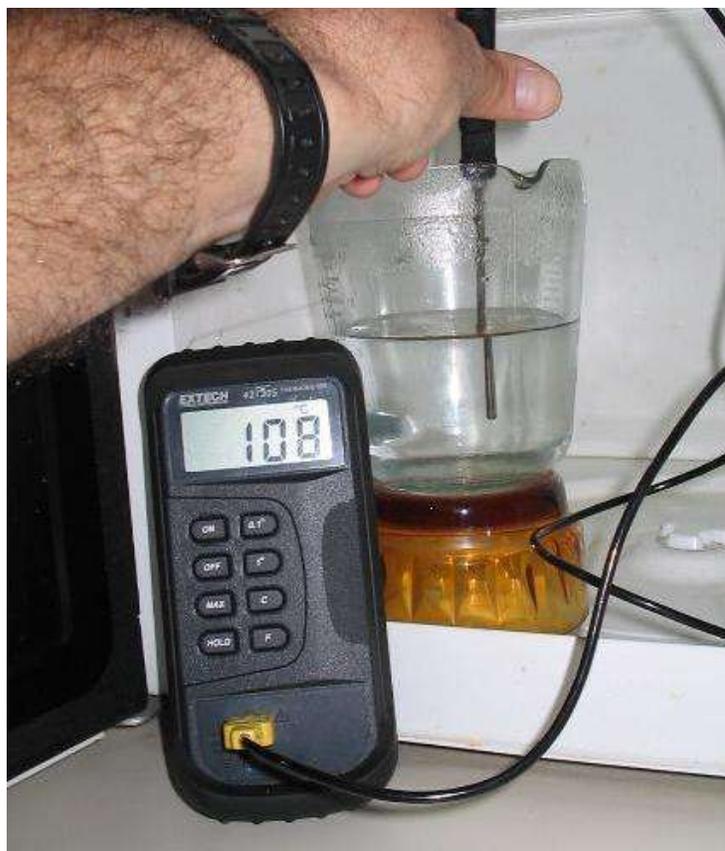


Figura 2 – Superaquecimento de água destilada no forno de microondas.

Segundo a opinião de colegas físicos teóricos, a presença de íons na água impediria o estado *superaquecido*. Entretanto como observamos anteriormente, esse estado ocorreu com “*água da torneira*”. Utilizando *água destilada* (*água deionizada* para baterias) foi alcançada a temperatura registrada na figura 2. O termômetro indica 108°C (chegamos a observar 109°C, entretanto não conseguimos uma foto desse estado). Mais uma vez percebe-se que a introdução da ponteira não perturbou suficientemente o sistema a ponto de destruir a *metaestabilidade*. Os experimentos mostram que o estado *superaquecido* possui uma estabilidade maior do que aquela sugerida pela citação feita anteriormente neste trabalho: “*estado que possui precária estabilidade, podendo facilmente ser perturbado*” (Isaacs, 1991; p. 172; grifo nosso).

IV. Explosão da água superaquecida

Na figura 3a vê-se o recipiente com água *superaquecida*, imediatamente após a abertura da porta do forno de microondas. A seguir, na figura 3b uma colher foi introduzida na água, produzindo uma perturbação que levou o líquido a irromper em intensa *ebulição*. Devido à transformação súbita de uma parte do líquido em vapor, e conseqüentemente, de um repentino aumento de volume do sistema, a água é lançada para fora do recipiente. Ao se medir a temperatura após a explosão, constata-se que ela já é levemente inferior a 100°C. A transição de líquido para vapor requereu uma quantidade de energia considerável; lembremos que cada grama de água que passa do *estado líquido* para o *estado de vapor* necessita receber cerca de 2300 J de energia. A conseqüência da absorção desta quantidade de calor pela água que vaporizou foi uma rápida diminuição da temperatura da massa líquida restante.



Figura 3 – Explosão da água superaquecida quando uma colher é introduzida no líquido.

Um evento como o registrado na figura 3 pode facilmente acontecer com um usuário do forno de microondas. Se sua mão estiver próxima ao recipiente, será atingida por água fervente. Na fotografia percebem-se grandes gotas de líquido sendo lançadas para fora do forno e, portanto, com alcance suficiente para atingir a mão de alguém, eventualmente até seu rosto.

V. Superaquecimento do leite

A figura 4a mostra um recipiente com leite *superaquecido*, imediatamente após a abertura do forno. A introdução de uma colher no leite produziu intensa *ebulição* com formação de muita espuma, conforme mostra a figura 4b. Por duas vezes o experimentador teve que fazer uma limpeza no forno, devido à violenta ejeção do leite para fora do recipiente.

A temperatura de *ebulição* do leite é um pouco superior à da água. Quando fervemos o leite sobre uma chama de gás, o termômetro registrou 101°C. O estado *superaquecido* do leite é mais facilmente destruído do que o da água. Nunca conseguimos introduzir a ponteira do termômetro no leite sem deflagrar a *ebulição*. A figura 5 apresenta o leite *superaquecido* já em *ebulição* e o termômetro registra 103°C (chegamos a medir 105°C, não conseguindo registrar a medida em uma foto).



Figura 4 – Leite superaquecido.



Figura 5 – Temperatura do leite superaquecido.

VI. A superfusão de um líquido

Uma substância encontra-se *superfundida* quando estiver no estado líquido a uma temperatura inferior à do seu ponto de fusão. Para se conseguir água neste estado deve-se baixar lentamente a temperatura da massa líquida que se encontra em repouso dentro de um recipiente. Na verdade a *superfusão* da água é muito comum nos congeladores de nossos refrigeradores domésticos, apesar de raramente ser notada. Se o líquido *superfundido* é perturbado, ocorre rapidamente a *cristalização*, razão pela qual se torna difícil para as pessoas notarem tal efeito. Entretanto, dado o hábito brasileiro de gelar bem a cerveja, muitos de nós já observamos a cerveja *superfundida*. A cerveja líquida que se encontrava bem abaixo do seu *ponto de fusão*, ao ser retirada do “freezer”, fica *parcialmente cristalizada* devido à movimentação da garrafa.

Descrevemos a seguir um experimento que permite observar a *superfusão*. Utilizamos neste experimento o *tiosulfato de sódio* ou *hipossulfito de sódio*, substância usada em laboratórios fotográficos e facilmente encontrada no comércio de produtos químicos, cujo manuseio não oferece riscos à saúde³. O *tiosulfato de sódio* é um *crystal* branco na temperatura ambiente, sendo o seu *ponto de fusão* em torno de 47°C. No *estado líquido* apresenta-se transparente e inodoro como a água.

Colocamos os cristais de *tiosulfato* em um tubo de ensaio, juntamente com um termômetro. Esse tubo foi imerso em *banho-maria* e um segundo termômetro dentro da água do banho, juntamente com um aquecedor elétrico, fazia o controle da temperatura do *banho-maria*. Iniciamos as medidas de temperatura do *tiosulfato* a 19°C e, a cada meio-minuto, registramos a temperatura dos cristais dentro do tubo, que estava sendo lentamente aquecido pela água do banho. O aquecedor era ligado sempre que a temperatura do banho deixava de ser 10°C superior à temperatura registrada no interior do tubo de ensaio. A variação da temperatura, em °C, do *tiosulfato* com o passar do tempo, em min, é apresentada no gráfico da figura 6.

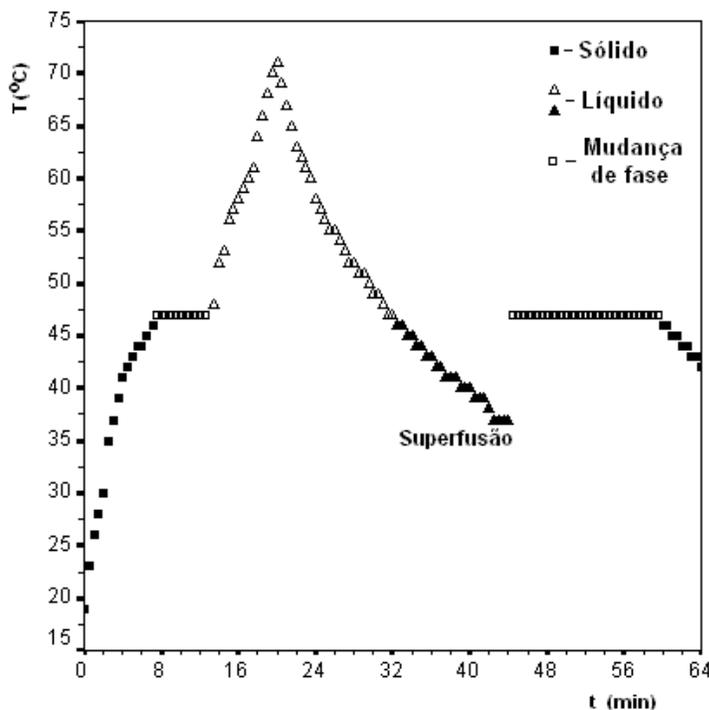


Figura 6 – Temperatura do tiosulfato de sódio em função do tempo.

³ – Na medicina esta substância é utilizada com dessensibilizador alérgico.

Neste gráfico percebe-se que, durante os sete e meio minutos iniciais, a temperatura estava crescendo, até atingir cerca de 47°C (em $t = 7,5$ min). A seguir, a temperatura permaneceu estável, durante cinco minutos (entre $t = 7,5$ min e $t = 12,5$ min), devido à fusão do tiosulfato. Daí para diante, com o tiosulfato já no *estado líquido*, a temperatura cresceu, durante mais sete minutos e meio (entre $t = 12,5$ min e $t = 20$ min), atingindo a temperatura de 71°C.

Retiramos então o tubo do banho, para que esfriasse, perdendo calor para o meio ambiente e, cerca de 11,5 min depois (em $t = 31,5$ min), a temperatura era novamente a temperatura de *fusão*. Apesar de estar na temperatura de fusão, o tiosulfato não cristalizou, continuando a sua temperatura a baixar por mais treze minutos e meio (entre $t = 31,5$ min e $t = 44$ min), até atingir 37°C. Portanto, durante treze minutos e meio, o tiosulfato encontrava-se líquido em temperaturas inferiores à do seu ponto de fusão, isto é, apresentava-se em estado de superfusão.

No ponto em que a temperatura era de 37°C, jogamos um *crystal* de tiosulfato para dentro do líquido *superfundido* e o agitamos⁴. Isso desencadeou a *cristalização parcial* do líquido e, em menos de meio minuto a temperatura cresceu de 37°C para 47°C (observa-se no gráfico uma descontinuidade em $t = 44$ min). A foto da figura 7a registra o tiosulfato em estado de *superfusão* a 37°C e cerca de meio minuto depois, a foto da figura 7b registra a substância *parcialmente cristalizada*, sendo a temperatura 47°C.

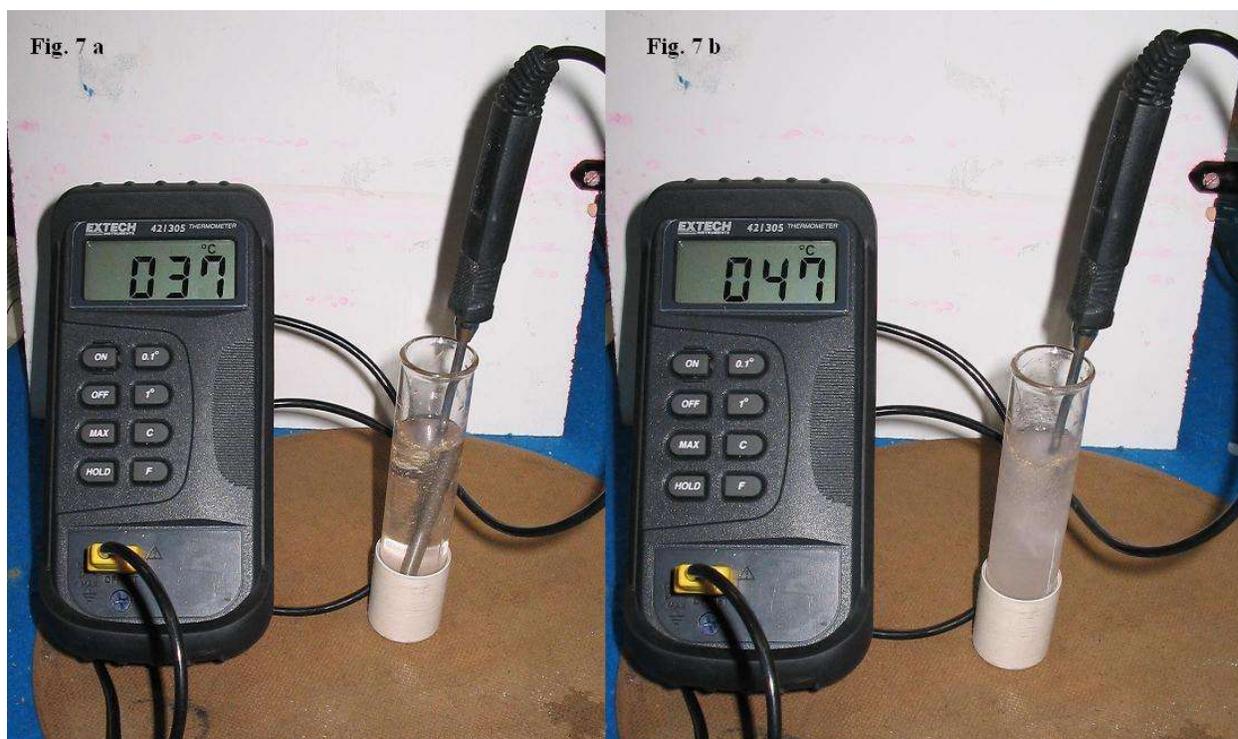


Figura 7 – Tiosulfato de sódio em estado de superfusão a 37°C e cerca de meio minuto depois, parcialmente cristalizado a 47°C.

A explicação para a rápida ascensão da temperatura de 37°C para 47°C encontra-se no fato de que a parcela da substância que *cristalizou*, teve que liberar energia, aquecendo toda a massa dentro do tubo. Em outras palavras, em nível microscópico, molecular, a *solidificação* implica uma diminuição da energia potencial das moléculas do sistema. Como este processo é rápido, não há tempo para que o sistema ceda calor para o meio ambiente; assim, esta perda de energia potencial determina um aumento

⁴ – Em outro experimento, sem jogar um *crystal* para dentro do tubo, observamos que o líquido *superfundido* iniciou espontaneamente a *cristalização* em torno de 33°C, portanto 14°C abaixo do *ponto de fusão* do tiosulfato.

da energia cinética molecular, refletindo-se macroscopicamente como um aumento da temperatura de todo o sistema.

Depois da rápida ascensão da temperatura de 37°C para 47°C, durante quinze minutos e meio (entre $t = 44$ min e $t = 59,5$ min) a temperatura ficou estável em 47°C, enquanto o restante do líquido se solidificava. Finalmente, após o tempo de 59,5 min, a temperatura voltou a decrescer, pois o *tiosulfato* completamente solidificado continuou cedendo calor para o ambiente.

VII. Conclusão

Nas disciplinas de física geral para o ensino superior (e também para o ensino médio) não é comum tratar-se dos *estados metaestáveis* que podem ocorrer próximos às *transições de fase*. Notamos inclusive que doutorandos em física diziam não ter conhecimento desse assunto! Entretanto, o *superaquecimento* de um líquido, assim como a *supersaturação* de vapor⁵, são previstos teoricamente a partir da equação de van der Waals. O *superaquecimento* não se concretiza em processos de aquecer alimentos sobre a chama de um fogão mas, como demonstramos experimentalmente, ele facilmente acontece no forno de microondas. Os professores de física que sempre estão atentos para novas idéias, poderiam explorar esta possibilidade, utilizando a natural motivação que um “*fato estranho*” desperta, para ensinar um pouco mais de termodinâmica e concomitantemente alertariam os alunos sobre os riscos do uso do forno de microondas.

O experimento de *superfusão* com *tiosulfato de sódio* pode ser facilmente realizado em sala de aula⁶ e, pela riqueza dos processos que ali se observa, é muito adequado para aprofundar conceitos importantes de termodinâmica e de teoria cinética da matéria.

Agradecimentos

Agradeço à Prof^a Maria Cristina Varriale, do IM-UFRGS, e ao Prof. Rolando Axt, do DEFEM/UNIJUI, pela leitura crítica deste artigo e pelas sugestões apresentadas.

Referências

Isaacs, A. *A concise dictionary of physics*. Oxford: Oxford University Press, 1991.

⁵ – O *superaquecimento* se dá quando a água deveria passar do *estado líquido* para o *estado gasoso*; na transição inversa, ou seja, quando vapor se condensaria, pode acontecer a *supersaturação*: um excedente de vapor no ar além daquele que ocorre na situação de *equilíbrio estável líquido-vapor*. Ou seja, a atmosfera contém mais vapor do que “deveria”. Ocorrendo então alguma perturbação, desencadeia-se a *liquefação*, rapidamente reduzindo em muito a quantidade de vapor no ar, aparecendo líquido. A *supersaturação* é utilizada na *câmara de Wilson* (detector de radiação): uma atmosfera de vapor *supersaturado* (usualmente de álcool etílico) ao ser atravessada por uma *radiação ionizante* (por exemplo, um raio cósmico ou raio gama), produz íons nesta atmosfera; a presença dos íons perturba este sistema e ocorre a *liquefação*. Ou seja, aparece um rastro visível de gotículas de líquido na atmosfera, permitindo “ver” a radiação que por ali passou.

⁶ – Tive a oportunidade de realizar pela primeira vez o experimento de *superfusão* em 1967, quando cursava o *científico* (antiga denominação do curso de ensino médio) no Colégio Sinodal de São Leopoldo. O *excelente e inesquecível* Prof. Ernest Sporket propiciava semanalmente aos seus alunos aulas práticas de laboratório, além das incontáveis demonstrações de física em classe. A minha vivência com o experimento de *superfusão* foi tão marcante – principalmente a constatação de que o *estado líquido* pode acontecer em temperaturas inferiores à *ponto de fusão* e a súbita e “*misteriosa*” elevação da temperatura quando *cristaliza* – que determinou que eu refizesse depois de quase 40 anos o antigo experimento.