

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS COMO RECURSO
COMPLEMENTAR NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA**

ARLINDO HENRIQUE HOCH CENNE



**Porto Alegre
2007**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS COMO RECURSO
COMPLEMENTAR NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA ***

ARLINDO HENRIQUE HOCH CENNE

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
2007

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

Este trabalho é dedicado às pessoas que fizeram parte de minha jornada:

à minha esposa Fernanda, amiga e companheira de todos momentos;

aos meus pais e familiares pelo apoio e carinho;

aos meus colegas e professores pelo incentivo e amizade.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a minha orientadora, Rejane Maria Ribeiro Teixeira, pela orientação, dedicação em seu trabalho e pelo toque feminino impresso à dissertação e ao produto educacional;
- a minha esposa, Fernanda, pela correção atenta da linguagem;
- aos professores do Instituto de Física da UFRGS que contribuíram para construção de nossos conhecimentos;
- aos professores do Instituto de Física da PUCRS pela iniciação à pesquisa científica e tecnológica;
- aos funcionários da secretaria e da biblioteca do Instituto de Física pela colaboração com as pesquisas;
- aos funcionários e colegas professores das escolas onde foi aplicado o projeto;
- aos alunos que participaram do projeto;
- aos colegas do MPEF pelo apoio e amizade no decorrer desta jornada.

RESUMO

O ensino de Física no Brasil passa por muitas dificuldades. Cabe ao professor a tarefa de buscar novas metodologias de ensino para tornar as aulas mais interativas e atraentes para os alunos, como forma de despertar maior gosto pela aprendizagem das ciências em geral. É imprescindível também desenvolver o poder de crítica dos alunos na formação de conceitos através da socialização entre alunos e professores e da interação com o meio em que o aluno vive, sempre visando à obtenção de uma aprendizagem potencialmente significativa. Diante deste quadro e embasados nas teorias de mediação e de interação social de Vigotski e na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e Novak, buscou-se desenvolver atividades em Física Térmica utilizando modelagens computacionais criadas com os programas *Modellus* e *Excel* como recurso complementar às aulas de Física. Também foram produzidos *gifs* animados não interativos explorando algumas situações e um hipertexto, incluindo textos de apoio utilizados, principalmente, como recurso de pesquisa extraclasse. Este projeto foi aplicado ao longo dos meses de março a agosto de 2006 em três escolas particulares de Porto Alegre: Colégio São José de Murialdo, Colégio Santa Inês e Escola Maria Goretti, envolvendo seis turmas de segundo ano do Ensino Médio, em um total de 182 alunos. O material elaborado abordou os tópicos sobre termometria, dilatação térmica, calorimetria, curvas de aquecimento, processos de transmissão do calor, gases ideais e termodinâmica. Os conteúdos foram organizados em sete módulos didáticos, com a seguinte estrutura: um texto de apoio, as modelagens utilizadas, um guia de atividades com orientações para sua utilização e questionamentos acerca do conteúdo. Em todos os módulos foi incluída uma seção denominada *Física no Cotidiano*, com questões que buscam relacionar os assuntos trabalhados no ambiente escolar com situações vivenciadas pelo aluno no seu dia-a-dia. As atividades eram trabalhadas em duplas ou em trios de alunos, o que promoveu uma maior interação social e trocas de experiências na construção do conhecimento; ao professor cabia o papel de mediador da atividade. O material instrucional foi sendo disponibilizado, gradualmente, em CD-ROM e em página da *Web* das escolas com o objetivo de fazer com que os alunos se detivessem em cada um dos módulos de forma a alcançar um amadurecimento no conteúdo correspondente. O produto deste trabalho será publicado na série *Hipermídias de Apoio ao Professor de Física*, para que outros professores possam utilizá-lo com seus alunos.

Palavras-chave: Física Térmica; Modelagens Computacionais; Programa *Modellus* e Planilha Eletrônica; Teorias de Aprendizagem Significativa de Ausubel e da Interação Social de Vigotski; Física no Cotidiano.

ABSTRACT

In order to overcome the difficulties in the physics teaching, the instructors must use new methodologies thus providing more attractive and interactive classes to motivate their students. To contribute to a meaningful learning it is worth to promote a critical and contextualized formation of concepts by socializing the students with their own environment. To accomplish these goals this proposal presents activities' guides on Thermal Physics, developed in association with computer simulations as a complementary resource to high school regular classes. Such approach is based on the meaningful learning theory of D. Ausubel and J. Novak and the social's interaction theory of L. Vigotski. It has been applied during the first quarter of the school year of 2006 to 182 students, of six classes of the second year of three High Schools at Porto Alegre, RS: Colégio São José de Murialdo, Colégio Santa Inês and Escola Maria Goretti. The addressed subjects are calorimetry, thermal dilatation, heat transfer, matter phase changes, ideal gases properties and general concepts in thermodynamics, organized in seven didactic modules consisting of a text, the computer simulations, an activity guide with questions about the subject and, also, a section where the Physics issues developed in classroom are related with the students' daily life situations. To deeper social interaction, the students were grouped in pair or trios working with the teacher mediation. The instructional material has been gradually displayed in a CD-ROM and in the Schools web pages to allow the students focusing on one subject at a time. The present work is to be published in the series *Hipermídias de Apoio ao Professor de Física*, of Instituto de Física of UFRGS, in order to give other teachers access to the proposal material.

Keywords: Thermal Physics; Computer simulation; *Modellus* and worksheet; Ausubel's meaningful learning theory and Vigotski's social interaction theory; Daily life's Physics.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 4.1: Página da <i>Web</i> contendo o material instrucional separado em sete módulos didáticos, que podem ser acessados através de menus..... | 36 |
| Figura 4.2: Página produzida por um grupo de alunos do Colégio Santa Inês..... | 37 |
| Figura 4.3: Página da <i>Web</i> produzida por grupo de alunos do Colégio Santa Inês..... | 38 |
| Figura 4.4: Dilatação superficial– chapa com orifício circular em seu centro submetida a um aumento de temperatura. Na seqüência, da esquerda para a direita, observa-se que, à medida que a barra dilata, o orifício dilata nas mesmas proporções..... | 45 |
| Figura 4.5: Dilatação volumétrica – cubo sofrendo dilatação devido ao aumento da temperatura..... | 45 |
| Figura 4.6: Efeito da temperatura sobre um líquido: aquecimento (figuras do topo) e resfriamento (figuras da base)..... | 46 |
| Figura 4.7: Efeito do aumento da temperatura sobre lâminas bimetálicas. A, B e C representam três lâminas metálicas constituídas de diferentes materiais..... | 47 |
| Figura 5.1: Laboratório de informática – Escola Maria Goretti..... | 52 |
| Figura 5.2: Laboratório de informática – Colégio São José de Murialdo..... | 53 |
| Figura 5.3: Laboratório de informática – Colégio Santa Inês..... | 53 |
| Figura 5.4: Gráfico de barra de erros para os escores totais médios no pré e no pós-teste..... | 58 |
| Figura 5.5: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 1 no pré e no pós-teste..... | 60 |
| Figura 5.6: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 2 no pré e no pós-teste..... | 60 |
| Figura 5.7: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 3 no pré e no pós-teste..... | 61 |
| Figura 5.8: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 4 no pré e no pós-teste..... | 61 |
| Figura 5.9: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 5 no pré e no pós-teste..... | 62 |
| Figura 5.10: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 6 no pré e no pós-teste..... | 62 |
| Figura 5.11: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 7 no pré e no pós-teste..... | 63 |
| Figura 5.12: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 8 no pré e no pós-teste..... | 63 |
| Figura 5.13: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 9 no pré e no pós-teste..... | 64 |
| Figura 5.14: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 10 no pré e no pós-teste..... | 64 |
| Figura 5.15: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 11 no | |

| | |
|--|----|
| pré e no pós-teste..... | 65 |
| Figura 5.16: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 12 no pré e no pós-teste..... | 65 |
| Figura 5.17: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 13 no pré e no pós-teste..... | 66 |
| Figura 5.18: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 14 no pré e no pós-teste..... | 66 |
| Figura 5.19: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 15 no pré e no pós-teste..... | 67 |
| Figura 5.20: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 16 no pré e no pós-teste..... | 67 |
| Figura 5.21: Percentual de citações para cada alternativa da questão 1 do questionário de opinião..... | 69 |
| Figura 5.22: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 2 (à esquerda) e questão 3 (à direita)..... | 69 |
| Figura 5.23: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 4 (à esquerda) e questão 5 (à direita)..... | 70 |
| Figura 5.24: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 6 (à esquerda) e questão 7 (à direita)..... | 70 |
| Figura 5.25: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 8 (à esquerda) e questão 9 (à direita)..... | 71 |
| Figura 5.26: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 10 (à esquerda) e questão 11 (à direita)..... | 71 |
| Figura 5.27: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 12 (à esquerda) e questão 13 (à direita)..... | 72 |
| Figura 5.28: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 14 (à esquerda) e questão 15 (à direita)..... | 73 |
| Figura 5.29: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 16 (à esquerda) e questão 17 (à direita)..... | 73 |
| Figura 5.30: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 18 (à esquerda) e questão 19 (à direita)..... | 74 |
| Figura 5.31: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião referente à questão 20..... | 74 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 4.1: Conteúdos, carga horária e metodologia empregada..... | 32 |
| Tabela 5.1: Dados referentes à análise de consistência interna dos resultados apresentados no pré e no pós-teste..... | 58 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO | 11 |
| CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA | 18 |
| 2.1 A UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR EM UMA PERSPECTIVA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA..... | 18 |
| 2.2 O USO DE TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS..... | 19 |
| 2.3 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PROMOVEDO A APRENDIZAGEM DE FÍSICA..... | 20 |
| 2.4 O USO DE MODELAGENS COMPUTACIONAIS..... | 22 |
| CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 24 |
| 3.1 A TEORIA DA INTERAÇÃO SOCIAL DE LEV VIGOTSKI..... | 24 |
| 3.2 A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL E JOSEPH NOVAK..... | 27 |
| CAPÍTULO 4.- DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL INSTRUCIONAL | 30 |
| 4.1 CONTEXTO DA APLICAÇÃO DA PROPOSTA..... | 30 |
| 4.2 CONTEÚDOS ABORDADOS..... | 31 |
| 4.3 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA..... | 32 |
| 4.4 MATERIAL DESENVOLVIDO..... | 33 |
| 4.4.1 Questionários..... | 33 |
| 4.4.2 Material instrucional..... | 35 |
| 4.4.2.1 <u>Hipertexto</u> | 35 |
| 4.4.2.2 <u>Texto de apoio para o módulo</u> | 38 |
| 4.4.2.3 <u>Guias de atividades sobre os conteúdos do módulo</u> | 38 |
| 4.4.2.4 <u>Modelagens e gifs animados</u> | 40 |
| 4.4.3 Conteúdos trabalhados em cada módulo..... | 42 |
| 4.4.3.1 <u>Módulo 1: Escalas termométricas</u> | 42 |
| 4.4.3.2 <u>Módulo 2: Dilatação térmica</u> | 43 |
| 4.4.3.2.1 <i>Gif</i> animado representando a dilatação superficial..... | 45 |
| 4.4.3.2.2 Dilatação volumétrica de sólidos..... | 45 |
| 4.4.3.2.3 Dilatação de líquidos..... | 46 |
| 4.4.3.2.4 Dilatação de uma lâmina bimetálica..... | 47 |
| 4.4.3.3 <u>Módulo 3: Calorimetria</u> | 47 |
| 4.4.3.4 <u>Módulo 4: Curvas de aquecimento</u> | 48 |
| 4.4.3.5 <u>Módulo 5: Trocas de calor</u> | 49 |

| | | |
|--|---|----|
| 4.4.3.6 | <i>Módulo 6: Gases</i> | 49 |
| 4.4.3.6.1 | Transformação isotérmica..... | 50 |
| 4.4.3.6.2 | Transformação isobárica..... | 50 |
| 4.4.3.6.3 | Transformação isométrica ou isocórica..... | 50 |
| 4.4.3.7 | <i>Módulo 7: Termodinâmica</i> | 51 |
| CAPÍTULO 5 - IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA | | 52 |
| 5.1 | METODOLOGIA..... | 52 |
| 5.2 | ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 57 |
| 5.2.1 | Comparação dos resultados do pré e do pós-teste..... | 57 |
| 5.2.2 | Análise dos resultados apresentados no questionário de opinião..... | 68 |
| CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS | | 78 |
| REFERÊNCIAS | | 81 |
| ANEXO – TESTE DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS | | 83 |
| APÊNDICES | | 88 |
| APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO PARA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA | | 89 |
| APÊNDICE B – CD-ROM COM MATERIAL INSTRUCIONAL | | 92 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Ao observar a prática do ensino de Física no Brasil, constata-se que mudanças se fazem necessárias. Os professores precisam diversificar a tradicional metodologia – giz e quadro-negro – e ampliar seus saberes pedagógicos, incluindo novas tecnologias de ensino e fazendo uso de recursos computacionais, como modelagens, construção de hipertextos, *applets*¹, pesquisas na Internet. Tais recursos contribuem para tornar as aulas mais atraentes e ajudam na construção de uma aprendizagem mais significativa. (NOGUEIRA; RINALDI, 2003; ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004)

Há mais de cinco décadas, grande parte dos professores leciona Física da mesma maneira: as aulas reproduzem o livro-texto e, muitas vezes, os professores repetem os conteúdos aos alunos como verdades absolutas.

Desde os anos 60, segundo Moreira (2000), os livros didáticos sofreram pequenas alterações, ganhando ilustrações e cores, alguns sendo distorcidos pelos programas de vestibular. Mas o método de ensino pouco se alterava e o referencial da aula continuava centrado no livro-texto e em listas intermináveis de exercícios. Nesta mesma época, trabalhava-se com laboratórios, mas estes eram atividades rotineiras, que reproduziam um material impresso no livro didático, tornando a aprendizagem pouco significativa.

Um grande problema enfrentado nas escolas de todo o país é a dificuldade de os alunos interpretarem situações físicas e relacioná-las com o uso de recursos matemáticos, pois os alunos compreendem a Física como uma Matemática mais avançada, o que torna o ensino desestimulante, haja vista o grande despreparo para realizar operações básicas da Matemática. Dessa forma, muitos optam pela desistência da matéria, pelo excesso de faltas ou, em pior hipótese, pela evasão escolar.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999) e com os PCN+, que incluem orientações complementares (BRASIL, 2002), os alunos de Física deverão concluir o curso sendo capazes de representar situações do mundo físico, compreender, investigar e comunicar-se em torno do saber científico. Ao professor

¹ Um *applet* é um programa escrito em linguagem Java, que pode ser incluído em uma página em *HTML*, da mesma forma como é incluída uma figura.

cabe a tarefa de ensinar Física como uma ciência em construção no sentido de estabelecer significados, buscar alternativas para tornar a aprendizagem significativa e formar indivíduos ativos na sociedade, aplicando os conhecimentos a situações reais e vivenciais.

Além disso, os PCNEMs também apontam a importância da atualização do ensino em relação à informação e orientam o professor a buscar novas abordagens e metodologias de ensino, visando ao desenvolvimento de competências e habilidades. Os PCNEMs indicam a necessidade das tecnologias serem incorporadas no aprendizado escolar como instrumento para a cidadania, para as relações sociais e para o trabalho, explicitando que o domínio dos recursos didáticos, como as novas tecnologias, também deve ser um objetivo do ensino da área de Ciências Naturais e Matemática.

Segundo Veit e Teodoro (2002), a utilização de novas tecnologias ainda está muito defasada em relação ao seu uso científico, necessitando que, para cada área específica do conhecimento, se incorporem as tecnologias no processo de ensino-aprendizagem, conforme orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

O mundo no século XXI está dominado por inovações tecnológicas em todos os setores da sociedade, desde as áreas rurais até os grandes centros urbanos, onde o principal avanço encontra-se nas telecomunicações. Celulares de última geração e Internet se tornaram elementos básicos e indispensáveis de uso comum e, até mesmo, de posição social.

Os professores precisam trazer esta tecnologia para as suas aulas, de modo que o aluno possa interagir com ela, utilizando recursos, tais como, Internet, modelagens computacionais, hipertextos, *applets*, ambientes virtuais de aprendizagem e grupos de discussão que atraiam a atenção dos alunos, tornando-os mais ativos na construção do saber e modificando a visão que possuem das aulas de Física.

A inserção de novas tecnologias nas aulas de Física é fator indispensável no ensino contemporâneo. Mediante análise realizada nesta dissertação de mestrado, foi verificado que, do grupo de 182 alunos ao qual foi aplicada esta proposta de trabalho, 178 possuem computadores com acesso à Internet em suas residências.

Muitas vezes, as escolas não dispõem de recursos físicos e materiais para o desenvolvimento de atividades práticas de laboratório e experimentos. Dessa forma, atividades que poderiam facilitar a aprendizagem deixam de ser realizadas. Entre outros fatores prejudiciais, está a falta de tempo na realização do experimento, haja vista que o professor dispõe, muitas vezes, de um único período de aula, que seria usado para os alunos se

encaminharem para o laboratório, organizarem o material, coletarem os dados e discutirem os resultados. Na tentativa de superar esta dificuldade, o uso de *softwares* em laboratório de informática, aliado a guias de atividades adequados, poderia ampliar as condições para uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos de diversas áreas.

O avanço do conhecimento na área tecnológica propicia aos alunos uma maior interatividade e agilidade na busca pelo saber científico. Agilidade, velocidade de comunicação e praticidade fazem parte da rotina dos estudantes e, muitas vezes, essas características não são acompanhadas no meio escolar, devido à falta de recursos físicos ou, muitas vezes, pela incapacidade de investir em tecnologia, tornando a aprendizagem menos atraente para os alunos. (COELHO, 2002)

Caso não ocorra uma adequação das escolas e dos profissionais da área de educação na produção, desenvolvimento e aplicação de tais tecnologias, o mundo escolar ficará cada vez mais distante do mundo vivencial dos alunos. (GONÇALVES, 2005).

Cabe ao professor proporcionar meios de aprendizagem mais eficazes, procurando ajudar os alunos a vencerem as dificuldades, buscando sempre que possível atualizar seus instrumentos pedagógicos, pois falhas na aprendizagem de conceitos complexos e difíceis de intuir poderão ocorrer com maior frequência se forem apresentados somente verbal ou textualmente. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003)

Algumas iniciativas já estão sendo feitas, como, por exemplo, nos projetos de estudantes do Mestrado Profissional em Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS, onde foram ou estão sendo desenvolvidos alguns trabalhos abordando tópicos de Física Térmica. Dentre os trabalhos já concluídos, um envolveu atividades experimentais demonstrativas ou na forma de simulações em FlashMX (GONÇALVES, 2005). Outro trabalhou com atividades experimentais utilizando aquisição automática de dados (SIAS, 2006).

Nesta proposta de trabalho, são utilizados diversos recursos tecnológicos para o ensino de Física Térmica com o objetivo de facilitar a aprendizagem, visando não só ao uso da tecnologia, mas tentando enfatizar a crítica aos modelos prontos, pois, segundo Medeiros e Medeiros (2002), estes podem trazer uma visão distorcida da realidade dos fenômenos físicos ao aluno.

O desenvolvimento do material instrucional utilizado neste trabalho e a metodologia empregada tiveram por base os referenciais das teorias de mediação e interação social de Lev

Vigotski e a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e Joseph Novak. Os conteúdos abordados incluem tópicos sobre temperatura e termometria, dilatação térmica, calorimetria, curvas de aquecimento, processos de transmissão do calor, gases e termodinâmica, distribuídos em sete módulos didáticos estruturados com textos de apoio e atividades exploratórias com questionamentos envolvendo modelagens computacionais.

Para facilitar a aprendizagem, quando são utilizadas novas tecnologias, é necessário que o programa computacional utilizado tenha relação com o conhecimento prévio do aluno e apresente o conteúdo com clareza ou, pelo menos, com um grau de subjetividade condizente com a estrutura cognitiva do usuário-aprendiz. O programa adotado deve motivar os alunos para que ocorra interação usuário-computador, de modo que favoreça a reflexão e que o conteúdo a ser desenvolvido possa ser tratado de forma crítica.

Dentre os *softwares* disponíveis para modelagem, foram escolhidos neste trabalho o *Modellus*², devido às suas possibilidades no tocante às animações e à construção de gráficos; a planilha eletrônica Excel, já usada pelos alunos para cálculos e para construções gráficas; e o programa Paint Shop Pro V, utilizado para a produção de *gifs* animados, representando alguns fenômenos físicos abordados.

O programa *Modellus* permite que professor e aluno construam experimentos conceituais utilizando modelos matemáticos definidos a partir de equações que podem ter sido trabalhadas em sala de aula. O *Modellus* possui uma interface gráfica intuitiva, o que vem a facilitar a interação dos estudantes com modelos em tempo real e a análise de suas diversas representações, permitindo, também, observar múltiplas situações conceituais simultaneamente.

Dentre as competências e habilidades sugeridas pelos PCNEMs, estão a utilização e a compreensão de tabelas, de gráficos, bem como de relações matemáticas-gráficas para expressão do saber físico (BRASIL, 1999, p. 29; GASPAR, 2001, p. 161). Nesta proposta de trabalho, buscou-se enfatizar atividades que promovessem essas competências e habilidades.

O ensino de Física deve enfatizar o trabalho por conceitos, através de exercícios em que o aluno possa interagir com uma dada situação, internalizando-a a ponto de refletir sobre o que está acontecendo e, através disso, utilizar todo seu poder de crítica para externalizar

²*Modellus* é um programa que, além de possibilitar explorar modelos matemáticos e físicos já conhecidos, permite, de um modo simples, construir modelos matemáticos para o estudo de diversos sistemas. O programa permite, de forma rápida e fácil, construir gráficos e tabelas que descrevem o comportamento do modelo. Trata-se de um programa livre, disponível em: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>.

verbalmente, ou através da escrita, todo o conhecimento adquirido, construindo, desta forma, o conceito físico abordado.

Nesta dissertação de mestrado, pretende-se dar ênfase à parte conceitual dos conteúdos de Física Térmica. Este tema foi escolhido por ser um assunto que gera muita dificuldade na internalização correta dos conceitos envolvidos, pois os alunos confundem com muita facilidade os conceitos de calor, temperatura e energia interna. Cabe ao professor a tarefa de instruir os alunos para que se expressem da forma correta, utilizando a linguagem científica.

Através de modelagens computacionais interativas com o programa *Modellus* e com planilha eletrônica Excel, além do uso de algumas animações que mimetizam o fenômeno físico abordado, pretende-se tornar as aulas de Física mais interessantes e até lúdicas, despertando o interesse do aluno pela Física e ampliando seus saberes de forma a promover o debate entre os estudantes para que construam seus próprios conceitos.

A aplicação do projeto foi feita em seis turmas do segundo ano do Ensino Médio de três escolas particulares de Porto Alegre: Colégio São José de Murialdo, Escola Maria Goretti e Colégio Santa Inês e contou com a participação de 182 alunos, cuja faixa etária varia entre 15 e 17 anos. O projeto foi aplicado no período de março a agosto de 2006, com aproximadamente 23 horas-aula de atividades para cada turma, além do período destinado ao trabalho extraclasse.

As três escolas dispõem de laboratório de informática e contam com monitores³, que trabalham em turno inverso, proporcionando maiores oportunidades de aprendizado e participação dos alunos que não possuem um conhecimento técnico na área de informática ou recursos tecnológicos necessários para a realização das tarefas em suas casas. Esses recursos permitem que o aluno amplie as possibilidades de interação com o objeto de estudo em Física, promovendo um maior interesse pela disciplina e um melhor aprendizado.

Foram elaborados guias das atividades, que têm como finalidade propor sugestões de como a proposta pode ser trabalhada pelo professor, de modo a desenvolver o raciocínio lógico e matemático do aluno, bem como seu poder de crítica e análise de situações do cotidiano. O guia de atividades de cada um dos módulos didáticos contém seu objetivo, o material de apoio (modelagens), uma seção, *Procedimento*, com instruções de uso das modelagens, e outra seção, *Questões*, contendo questionamentos referentes ao conteúdo, a serem trabalhados interagindo com as modelagens. Como último tópico, que visa explorar

³ Os monitores são especializados ou estagiários em pedagogia de multimeios.

situações já vivenciadas pelo aluno ou que estão inseridas no seu cotidiano, tem-se a seção *Física no Cotidiano*, que contém uma série de questões de uso prático dos conceitos trabalhados e estimula o aluno a relacioná-los com eventos da natureza.

O material instrucional, produto deste trabalho de mestrado, foi disponibilizado em CD-ROM e em página da *Web* das escolas onde foi aplicado e é apresentado no Apêndice B. Pretende-se divulgá-lo, posteriormente, na série *Hiper mídias de Apoio ao Professor de Física*⁴, com objetivo de ser utilizado por outros professores.

Com o propósito de avaliar esta proposta, procurou-se verificar a eficácia de sua aplicação na qualidade da aprendizagem dos alunos e no interesse dos mesmos pela disciplina. Para atingir tal objetivo, foi analisada a aprendizagem dos alunos de forma comparativa: os resultados obtidos foram comparados em um teste⁵, aplicado como pré e pós-teste, envolvendo os conteúdos de Física Térmica. Também foram analisados os resultados obtidos pelos alunos nos demais instrumentos de avaliação utilizados, como a interação com os conteúdos de Física Térmica, através do trabalho realizado nas atividades propostas nos módulos didáticos, as contribuições nos debates, no desenvolvimento de trabalhos e na resolução de exercícios, bem como por meio de prova individual, prevista no plano pedagógico das três escolas. Foi também aplicado um questionário de opinião para verificar a aceitação da proposta pelos alunos.

Os próximos capítulos são organizados da seguinte forma: no Capítulo 2, é apresentada uma revisão sucinta da literatura a respeito do uso de tecnologias e modelagens computacionais no ensino de Física. Para dar seqüência ao tópico, seguem, no Capítulo 3, os referenciais teóricos que nortearam este trabalho.

No Capítulo 4, ao ser discutido o desenvolvimento do material instrucional, são apresentados os conteúdos de Física Térmica abordados e o contexto de aplicação da proposta.

O Capítulo 5 aborda a metodologia utilizada na implementação da proposta e as análises dos resultados apresentados no pré e no pós-teste, bem como no questionário de opinião. As considerações finais são apresentadas no Capítulo 6.

⁴ Série publicada pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/Hipermidias/HA.html>. Acesso em: 9 ago. 2007.

⁵ Este teste já foi utilizado anteriormente por D. B. Sias, quando da aplicação de seu trabalho de mestrado (Sias, 2006), com o objetivo de averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos de Física Térmica.

O Apêndice A contém o questionário de opinião aplicado ao término da proposta e o teste utilizado para verificar as concepções prévias dos alunos é apresentado como Anexo. Para finalizar, o produto educacional desenvolvido neste trabalho de dissertação está disponibilizado em um CD-ROM e integra o Apêndice B.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão sucinta da literatura referente a dez anos de publicações nas duas principais revistas brasileiras da área de ensino de Física – Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF). Buscaram-se relatos envolvendo o uso de modelagens computacionais, especialmente com os programas *Modellus* e planilhas eletrônicas como o Excel, além do uso do computador como instrumento auxiliar no processo ensino-aprendizagem.

As referências citadas neste capítulo foram enquadradas em quatro categorias: (2.1) a utilização do computador em uma perspectiva de aprendizagem significativa; (2.2) o uso de tecnologias computacionais; (2.3) simulações computacionais promovendo a aprendizagem de Física; (2.4) o uso de modelagens computacionais.

2.1 A UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR EM UMA PERSPECTIVA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A inserção do computador nas escolas, como instrumento complementar de ensino às aulas tradicionais, vem em crescente progresso em todo o mundo, com uma tendência a estar presente em todas as escolas. No entanto, devemos nos preocupar com a maneira como ele é utilizado, de modo a levar os alunos à obtenção de uma aprendizagem significativa.

Segundo Nogueira e Rinaldi (2003), o ensino de Física é regido por tópicos que envolvem conceitos técnicos e cálculos, em que as situações virtuais criadas no computador oferecem importante auxílio à aprendizagem de conceitos, pois permitem que o aluno faça análises passo a passo de simulações de experimentos realizados em laboratório.

Esses autores ainda comentam sobre a maioria dos *softwares* educacionais existentes no mercado, constatando que possuem característica comum de não serem interativos, pois independem das concepções dos alunos-usuários, sendo preconcebidos de forma a simular situações-problemas, ou meramente na condição de verificar o acerto ou o erro do aluno colocado diante de questões objetivas. Desse modo, os *softwares* são apresentados da mesma maneira para alunos em diferentes estágios de desenvolvimento cognitivo, não explorando

conceitos subjetivos que se dariam em uma interação professor-aluno, o que não propiciaria uma aprendizagem realmente significativa.

De um ponto de vista teórico, Nogueira e Rinaldi (2003), estabelecem relações do uso do computador com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, explicitando as condições para que ela ocorra:

- uma nova informação deve se relacionar de alguma forma com um elemento relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, devendo fazer sentido para ele. Como indivíduos diferentes possuem *subsunçores* diferentes, as informações contidas num determinado *software* educacional deveriam ser tratadas de maneira diferente, a fim de obter uma aprendizagem significativa;

- a linguagem deve ser abordada como um facilitador importante para a ocorrência da aprendizagem significativa. Os conceitos abordados serão realmente assimilados se forem abordados em uma linguagem que também faça sentido para o aprendiz.

Segundo esses autores, um *software* educacional deve apresentar uma interface gráfica com uma linguagem de programação que se assemelhe à linguagem humana. Assim, uma estratégia consiste no desenvolvimento de um ambiente virtual não estático em que os problemas da linguagem computacional sejam minimizados.

O programa ideal deveria contemplar estratégias de elaboração do pensamento e linguagem utilizados pelos alunos, bem como obter informações sobre suas barreiras epistemológicas, dados estes relacionados às suas próprias estruturas cognitivas. Também deveria diagnosticar as mudanças conceituais ocorridas nessas estruturas durante a manipulação de um software educativo, para assim poder subsidiar as estratégias que promoverão tais mudanças (NOGUEIRA; RINALDI, 2003).

2.2 O USO DE TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS

Com o avanço da era digital, os computadores tornaram-se cada vez mais presentes no processo de ensino-aprendizagem, podendo ter uso bem diversificado, dependendo da metodologia e do objetivo almejado.

Para o ensino de Física, há muitas atividades que podem ser realizadas com uso do computador como ferramenta didática. Como exemplo disso, podem ser citadas atividades com aquisição automática de dados, uso da Internet, criação de ambientes virtuais que

permitam maior interatividade, reflexão e participação do usuário, simulações interativas e representativas de um dado fenômeno, entre outras.

Apesar dos computadores estarem presentes em grande parte das escolas, seu uso como recurso didático ainda deixa muito a desejar. Fiolhais e Trindade (2003) destacam os problemas da não utilização dos computadores por parte dos professores, verificando que não ocorre integração das novas tecnologias com as disciplinas. Em seu artigo, ainda citam: ... *as novas tecnologias apenas estarão integradas quando elas não forem ferramentas suplementares, agregadas ao que existiu antes. Mas sim quando elas tomarem o lugar e se tornarem “naturais” e “invisíveis” como o telefone, o televisor e as calculadoras de bolso.*

Os autores citam, ainda, que outros principais problemas associados ao uso dos computadores são de natureza material e pedagógica:

- o *hardware* torna-se rapidamente obsoleto, precisando ser constantemente renovado, bem como a manutenção dos equipamentos e a necessidade de pessoas habilitadas a tais funções;
- pouca quantidade de computadores para o número elevado de alunos; muitas vezes a proporção atinge três ou quatro alunos para cada computador;
- os programas são pouco atrativos e com muitas deficiências pedagógicas, não sendo utilizados pelos alunos nem na sala de aula nem em casa;
- existe no mercado uma grande quantidade de programas, mas nem todos são relevantes, não podendo o professor analisar devidamente quais se encaixariam as suas necessidades pedagógicas;
- falta de formação dos docentes para utilização de novas tecnologias.

Cabe aos estabelecimentos de ensino estimular os professores a incorporarem as novas tecnologias como instrumento de ensino, incentivando-os a desenvolver novas metodologias e fornecer subsídios para que os mesmos possam aprender a utilizar ferramentas tecnológicas.

2.3 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PROMOVEDO A APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Muitas vezes, a compreensão de um fenômeno físico ou de uma experiência torna-se impraticável quando se tenta representá-los através de figuras estáticas ou esquemas no quadro-negro, pois, além das representações tomarem muito tempo, o aluno recebe essa

informação como uma verdade, podendo criar um conceito falso ou muitas vezes simplificado.

Fatos como esse também podem ocorrer quando o computador é utilizado, pois existem muitas animações disponíveis na Internet, interativas ou não, que tentam representar certos fenômenos físicos. Algumas, visando uma situação ideal, fazem uso de falsos modelos, que o aluno tende a considerar como verdade se não forem bem criticados pelo professor e debatidas em sala de aula (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Os autores citam algumas das vantagens obtidas com as simulações:

- permitem que os alunos testem e gerem suas próprias hipóteses;
- apresentam uma versão simplificada da realidade pela desmistificação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- tornam conceitos abstratos mais concretos;
- reduzem a ambigüidade e ajudam a identificar relacionamentos de causa e efeito na descrição de fenômenos complexos;
- engajam os estudantes em tarefas, muitas vezes, com alto nível de interatividade;
- servem como preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório;
- auxiliam os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- acentuam a formação de conceitos e promovem a mudança conceitual.

Medeiros e Medeiros ainda salientam que, apesar da importância do uso das simulações na formação de conceitos, todos os seus argumentos devem ser analisados desde sua base de sustentação. Não devemos observar somente as vantagens educacionais, mas a base epistemológica das simulações computacionais que dão sustento aos benefícios trazidos para o ensino.

O uso das simulações computacionais requer certo cuidado. Medeiros e Medeiros (2002) destacam os riscos na adoção não crítica de simulações computacionais no ensino da Física, pois apresentam algumas desvantagens que são geralmente negligenciadas pelos usuários:

- as simulações trazem um modelo “ideal” da realidade que, na maioria dos casos, não são confirmados na prática;
- se a diferença entre o modelo ideal e o real não for percebida, as simulações podem comunicar concepções do fenômeno opostas àquelas que o educador pretendia vincular com seu uso;
- não é garantia de aprendizagem o uso da informática, pois pode limitar a possibilidade de os estudantes perceberem erros experimentais;
- os resultados das animações são pré-determinados;
- se o programador não possuir conhecimentos suficientes da Física, pode criar *softwares* de um modelo muito simplificado, não transmitindo toda a realidade do fenômeno desejado.

Yamamoto e Barbeta (2001) defendem o uso de simulações computacionais como substituição das aulas práticas de laboratório e estimulam o uso de programas de simulação como uma das formas mais recorrentes de introdução do computador nas atividades didáticas.

Os autores comentam ainda: *Com o uso de programas de simulação, torna-se viável realizar experimentos que só seriam possíveis de serem feitos em laboratórios muito bem equipados.* (op. cit., p. 215)

Para Yamamoto e Barbeta, o uso de mundos virtuais auxilia a esclarecer aspectos muito sutis de um sistema físico, pois são tratados de uma forma mais lúdica, motivando e despertando o interesse do aluno e, até pelo prazer de manusear o computador, pode vir a facilitar o aprendizado dos mais diversos temas.

Inseridos em uma perspectiva de aprendizagem significativa, os recursos computacionais servem como uma ferramenta capaz de transformar informação em conhecimento, por toda a interatividade que oferecem, propiciando que os estudantes exercitem sua capacidade de selecionar e procurar informações, resolver problemas e aprender de forma independente.

2.4 O USO DE MODELAGENS COMPUTACIONAIS

Veit e Teodoro (2002) analisam a eficácia do uso de modelagens no processo de ensino/aprendizagem das aulas de Física. Segundo esses autores, não é comum encontrar trabalhos publicados dando ênfase à modelagem computacional como recurso para o ensino

de Física. Os autores classificam os recursos computacionais em três categorias: i) princípios e idéias sobre a possibilidade de novas tecnologias no ensino de Física; ii) uso de *softwares* e seu entorno docente; iii) aquisição automática de dados.

A modelagem é utilizada no sentido de “um processo de representação”, sendo utilizada para representar uma realidade simplificada de um sistema físico, possibilitando uma maior compreensão de seu conteúdo e contribuindo para o desenvolvimento cognitivo em geral, pois o aluno pode “navegar” entre os diversos casos representados, compreendendo o modelo e o respectivo fenômeno.

Veit e Teodoro (2002) destacam algumas vantagens das modelagens computacionais:

- elevar o nível do processo cognitivo, exigindo que os estudantes pensem num nível mais elevado, generalizando conceitos e relações;
- exigir que os estudantes definam suas idéias mais precisamente;
- proporcionar oportunidades para que os estudantes testem seus próprios modelos cognitivos, detectem e corrijam inconsistências.

O uso de modelagens preparadas com o programa *Modellus* dispensa toda forma de linguagem de programação e ainda propicia o desenvolvimento de competências e habilidades, dentre as quais Veit e Teodoro (2002) destacam:

- compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos;
- utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico;
- expressar-se corretamente utilizando linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica;
- elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados;
- desenvolver a capacidade de inovação física;
- conhecer e utilizar conceitos físicos, além de relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes.

No próximo capítulo, são apresentadas as teorias subjacentes à metodologia desta proposta de trabalho.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como referenciais teóricos, utilizam-se neste trabalho as teorias de mediação e interação social de Vigotski, em conjunto com a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e Joseph Novak.

3.1 A TEORIA DA INTERAÇÃO SOCIAL DE LEV VIGOTSKI

Segundo Vigotski, um dos pilares de sua teoria está na interação social, definida, de acordo com Moreira (1999a), como veículo fundamental para transição dinâmica dos conteúdos sociais, históricos e culturalmente construídos, de uma relação interpessoal para intrapessoal, que se dá a partir da mediação, fazendo uso de instrumentos e signos para que ocorra o desenvolvimento cognitivo. (MOREIRA, 1999b)

Um recurso para tornar um conteúdo de Física potencialmente significativo é conciliar questões teóricas com situações do dia-a-dia dos alunos ou com a realização de atividades experimentais em laboratórios tradicionais, em que o aluno monta um experimento em grupo em busca de resultados esperados que podem gerar discussões em torno das variáveis envolvidas (GASPAR, 2003). Outra prática que gera mediação é o uso de laboratórios virtuais com os alunos trabalhando em pequenos grupos. Não foram, porém, encontrados depoimentos da utilização desta prática na literatura consultada.

Diferente da prática de laboratório real, o uso de *applets* e de modelagens computacionais pode seguir o mesmo padrão da atividade experimental, com a vantagem de não sofrer influência de aspectos intrínsecos de experimentos reais, como variações de temperatura, umidade, atrito, etc. Neste caso, cabe ao professor orientar os estudantes e levantar questões para discussões, servindo como recurso para a internalização do conhecimento e mostrando que as modelagens apresentam situações ideais.

Vigotski propõe dois níveis de desenvolvimento para que ocorra aprendizagem. O primeiro, chamado de zona de desenvolvimento real, representa o conhecimento já adquirido

pelo aluno. O segundo, definido como zona de desenvolvimento proximal, ocorre em primeira instância através da interação social, que pode ser no ensino formal ou informal, e refere-se a funções que ainda não amadureceram, mas estão em processo de formação.

Segundo Moreira e Ostermann (1999), o uso do laboratório nas aulas de Física pode adiantar o processo de formação da zona de desenvolvimento proximal, tornando mais eficientes o ensino e a aprendizagem.

Ao analisar o trabalho de Vigotski acerca do desenvolvimento de uma criança, percebe-se que o indicativo de sua idade mental não está nas tarefas que consegue realizar sozinha, mas sim naquelas que consegue realizar com a ajuda de outros. Tal fato foi demonstrado através da análise de crianças de mesmo nível de desenvolvimento real que apresentavam diferentes capacidades para aprender sob orientação de um professor, demonstrando que as crianças não possuíam mesma idade mental. A esta diferença de aprendizado, Vigotski atribui um conceito de grande importância em sua teoria, chamado de Zona de Desenvolvimento Proximal, sendo por ele assim definida:

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, 1998, p.112).

A zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadureceram, mas estão no processo de maturação. É nesta zona em que se define o potencial de aprendizagem, representando a região onde o desenvolvimento cognitivo ocorre, constituindo-se em uma zona dinâmica e ininterrupta.

O ensino deve estar à frente do desenvolvimento cognitivo do aprendiz, para que a aprendizagem ocorra via interação social. Na medida em que aprende, o indivíduo redefine os limites dessa zona, proporcionando seu desenvolvimento.

Na teoria de Vigotski, cabe ao professor a tarefa de mediador do grupo, criando um elo para que ocorra a interação com seus alunos através do diálogo, fazendo com que compartilhem dos mesmos significados.

Segundo Aquero (1998), outro fator importante na teoria sócio-histórica de Vigotski é a origem dos processos psicológicos superiores. Para ele, esses processos ocorrem na vida social do aprendiz através de participação em atividades compartilhadas com outros

indivíduos. O desenvolvimento dar-se-á através da análise dos processos psicológicos superiores a partir da internalização de práticas sociais específicas.

De acordo com Aquero (1998), o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores é concebido como um processo culturalmente organizado, pois é constituído na vida social, é específico dos seres humanos, regula a ação em função de um controle voluntário, superando sua dependência por parte do meio ambiente, e se vale do uso de instrumentos de mediação.

Deve ocorrer mútua apropriação entre sujeito e cultura, de modo que o sujeito se forme na apropriação de instrumentos culturais e na interiorização progressiva de operações psicológicas construídas inicialmente na vida social. Em contraponto, a cultura “domina” o sujeito na medida em que o forma.

Este processo de interiorização, segundo o próprio Vigotski, consiste em uma série de transformações, entre as quais o autor cita (Aquero, 1998, p. 32):

Uma operação que inicialmente representa uma atividade externa se reconstrói e começa a suceder internamente.

Um processo interpessoal se transforma em outro intrapessoal.

A transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é resultado de uma série prolongada de acontecimentos evolutivos.

Em todo o processo de interiorização, o ser humano deve ser capaz de relacionar-se com várias pessoas a fim de captar os simbolismos de um convívio em um determinado meio social, como o significado de palavras e gestos. Os significados também podem chegar através do uso de máquinas. Nesse contexto, Moreira salienta: *A conversão de relações sociais em processos mentais superiores não se dá de forma direta, precisa ser mediada por uso de instrumentos – algo que pode ser usado para fazer alguma coisa – e signos – algo que possui um significado.* (MOREIRA, 1999a).

Aquero, em seu livro *Vygotsky e a aprendizagem escolar* (1998, p.91), destaca algumas idéias que são defendidas por Vigotski:

Propõem-se duas lógicas de desenvolvimento no fim, complementares, mas necessariamente diferenciadas. A construção de conceitos científicos parte do contato inicial com a *definição verbal* dos mesmos, que necessita da remissão comentada, para um sistema de conjunto no qual o conceito ganha sentido.

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos, pelo contrário, não parte da apreensão de seu caráter sistemático e sim avança dos referenciais concretos para as generalizações.

Nessa visão, o desenvolvimento dos processos científicos segue um caminho particular quando comparado com o desenvolvimento dos conceitos do cotidiano, pois a definição verbal constitui o aspecto principal no seu desenvolvimento.

O domínio dos conceitos científicos, por se tratar de processos superiores avançados, é alcançado através da participação em contextos e atividades sociais específicas, a partir de uma formulação inicial. Dessa forma, sua apropriação será gradativa dentro de um sistema de interação que permitirá o domínio crescentemente voluntário e abstrato das formas de conceitualização científicas.

3.2 A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL E JOSEPH NOVAK

A aprendizagem significativa é o conceito principal da teoria de Ausubel. Ausubel aborda sua teoria de modo cognitivista, resultado do armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende (MOREIRA, 1999a). Ausubel reconhece também a importância da experiência afetiva e volta sua atenção constantemente para a aprendizagem, tal como ocorre na sala de aula.

Uma nova informação interage e relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva do aprendiz, que Ausubel define como *subsunçor*. A aprendizagem significativa ocorrerá quando esta nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, ganhando novos significados e tornando o conhecimento prévio mais rico e elaborado. Na medida em que a aprendizagem começa a ser significativa, os *subsunçores* vão tornando-se cada vez mais elaborados, e o indivíduo torna-se capaz de assimilar novas informações.

Do ponto de vista instrucional, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios como veículos facilitadores da aprendizagem significativa, quando não existem, na estrutura cognitiva, os *subsunçores* adequados. Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados em nível mais alto de abstração, inclusividade e generalidade antes do material a ser aprendido em si. O aspecto mais significativo do processo de assimilação de conceitos é o relacionamento de forma substantiva e não-arbitrária, as idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz com o conteúdo potencialmente significativo implícito nas novas informações. Os organizadores prévios funcionam como “pontes cognitivas” para o processo de aprendizagem significativa.

Os atributos relevantes da estrutura cognitivista são tratados de duas formas. A primeira é substantivamente, com propósito de organizar e integrar o conteúdo à estrutura cognitiva, procurando manipular os dois e tratando de forma clara os aspectos mais importantes do conteúdo da matéria de ensino e os aspectos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. A segunda forma é programaticamente, ordenando seqüencialmente a matéria de ensino, respeitando sua organização e lógica interna e planejando a realização de atividades práticas. (MOREIRA, 1999b)

Moreira (1982) destaca as condições para que a aprendizagem significativa ocorra:

A essência do processo de aprendizagem significativa está em que idéias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira não arbitrária e não literal ao que o aprendiz já sabe ou a algum aspecto relevante de seu conhecimento.

Dois fatores são essenciais para que ocorra aprendizagem significativa:

O material a ser aprendido deve ser potencialmente significativo para o aprendiz, sendo este relacionável a sua estrutura de forma não-arbitrária e não-literal.

O ser que aprende deve manifestar uma disposição em relacionar o novo material de maneira substantiva e não arbitrária a sua estrutura cognitiva.

Para satisfazer as duas condições, é necessário que o conteúdo do material a ser ensinado seja logicamente significativo, transmitido de modo não-arbitrário e não-aleatório, para que o aprendiz possa relacioná-lo de forma substantiva e não arbitrária com todas as idéias que sejam relevantes e se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender.

É necessário, também, que o material de ensino possa se relacionar com a estrutura cognitiva do aprendiz, em que devem estar disponíveis os conceitos *subsunçores* específicos com os quais o novo material é relacionável.

Caso o conteúdo de ensino não seja potencialmente significativo, isto é, as novas informações não interajam com conceitos relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz (*subsunçores*), teremos uma aprendizagem oposta à significativa, que é definida por Ausubel como aprendizagem mecânica. As informações, neste caso, ficam armazenadas de forma arbitrária, contribuindo muito pouco ou quase nada para a aprendizagem (MOREIRA, 1999a).

Para Ausubel, a aprendizagem mecânica é a aprendizagem com pouca ou nenhuma associação com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Uma nova informação é armazenada de maneira arbitrária, sem que ocorra interação entre a nova informação e aquela já armazenada, o que não permite a ligação entre o conhecimento adquirido e os conceitos *subsunçores* específicos.

Espera-se que o uso de tecnologias computacionais, como recurso complementar em sala de aula e em laboratório de Física, possa ser um agente facilitador da aprendizagem significativa, pois, com esta prática, o aprendiz revê os conteúdos de forma interativa, associando os fenômenos observados a conceitos preexistentes que, até então, poderiam não ser significativos.

Sendo o professor um mediador, o aluno teria um papel mais ativo, envolvendo-se e comprometendo-se mais com o processo de aprendizagem da Física. É indispensável que o professor questione, critique os modelos e discuta com os alunos acerca dos fenômenos físicos envolvidos, relacionando-os com seus conhecimentos prévios, de modo a buscar uma aprendizagem significativa.

Novak “adotou” a teoria de Ausubel e passou a utilizar também o conceito de aprendizagem significativa com um maior aprofundamento, pois a predisposição para aprender deve ser acompanhada de uma experiência afetiva. Assim, o autor faz uma abordagem mais humanista em relação à teoria de Ausubel. Além disso, considera que os seres humanos pensam, sentem e atuam (MOREIRA, 1999b).

Para Novak, a aprendizagem não ocorre somente através de conceitos e novas informações que se relacionam na estrutura cognitiva do aprendiz. Através da convivência escolar, ocorre o que Novak chama de *aprendizagem afetiva*, como resultado de experiências afetivas nas escolas. Grande parte desta aprendizagem é casual à escolarização e não faz parte do currículo. (NOVAK, 1981)

Um bom relacionamento professor-aluno tende a facilitar o aprendizado, visto que os alunos estão mais predispostos a aprender, pois se sentem motivados e respeitados, favorecendo, assim, o diálogo. Nas aulas de Física, o enfoque humanista de Novak é considerado a estrutura base de um bom relacionamento, que contribuirá para levar o aluno a uma aprendizagem significativa.

No Capítulo 4, são apresentados os contextos escolares em que proposta foi aplicada e a metodologia utilizada, bem como os conteúdos abordados e o material instrucional desenvolvido, que complementa as atividades propostas no presente trabalho.

CAPÍTULO 4

DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL INSTRUCIONAL

Neste capítulo, são descritos os contextos escolares em que a proposta foi aplicada, bem como os conteúdos abordados, a avaliação da proposta e o material instrucional produzido.

4.1 CONTEXTO DA APLICAÇÃO DA PROPOSTA

A proposta principal deste trabalho é a utilização de tecnologias computacionais para complementar o ensino de Física Térmica, concomitantemente às aulas tradicionais (exposições didáticas na modalidade quadro e giz). Para tanto, os recursos utilizados consistem no uso de modelagens computacionais desenvolvidas pelo professor com o programa *Modellus* e com planilha eletrônica, no acesso a *Applets* disponíveis na Internet e em discussões em grupo de alunos para debater situações do cotidiano. Sempre que possível, procurou-se promover a interação social fazendo com que trabalhassem, em alguns momentos, em duplas ou em grupos maiores.

A aplicação do projeto se deu em seis turmas do segundo ano do Ensino Médio de três escolas particulares de Porto Alegre: Colégio São José de Murialdo, localizado no bairro Partenon, Escola Maria Goretti, no bairro Higienópolis e Colégio Santa Inês, no bairro Petrópolis e contou com a participação de 179 alunos, cuja faixa etária varia entre 15 e 17 anos. O projeto foi aplicado no período de março a agosto de 2006, com aproximadamente 23 horas-aula de atividades para cada turma, além do período destinado ao trabalho extraclasse.

Em conformidade com o plano pedagógico dessas escolas, as aulas, de um modo geral, devem despertar no aluno uma visão crítica e dinâmica da realidade, interpretando os acontecimentos e denunciando a injustiça, a exclusão e a opressão. Para tanto, se faz necessária uma educação baseada na fé, investindo em constante atualização, no pensar e no agir pedagógico e na promoção dos valores humanos, aprimorando as relações interpessoais, tanto na escola quanto na família.

As três escolas dispõem de laboratório de informática e contam com monitores que trabalham em turno inverso, gerando maiores oportunidades de aprendizado e participação dos alunos que não possuem um conhecimento técnico na área de informática ou recursos tecnológicos necessários para a realização das tarefas em suas casas. Esses recursos permitem que o aluno amplie as possibilidades de interação com o objeto de estudo em Física ao realizarem atividades extraclasse e possam, assim, promover um maior interesse pela Física e um melhor aprendizado.

Em relação aos conteúdos programados e à aplicação do projeto, a proposta deste trabalho também previa um programa interdisciplinar, envolvendo inicialmente professores das disciplinas de História, Língua Portuguesa e Geografia. Como exemplos, dentre os conteúdos que foram desenvolvidos simultaneamente nas disciplinas de História e de Física pode-se destacar a Revolução Industrial, o uso de máquinas a vapor, como também foram feitas pesquisas pelos alunos sobre os principais cientistas da História. Em conjunto com a disciplina de Língua Portuguesa, foi trabalhada a produção de textos relativos às pesquisas realizadas. Em Geografia, discutiram-se aspectos relacionados ao clima e regiões onde foram realizadas as primeiras pesquisas científicas.

4.2 CONTEÚDOS ABORDADOS

Os temas de Física Térmica abordados com recursos computacionais incluem tópicos distribuídos em sete módulos didáticos sobre temperatura e termometria, dilatação térmica, calorimetria, curvas de aquecimento, processos de transmissão do calor, gases e termodinâmica. Além da utilização dos recursos computacionais, foram desenvolvidos paralelamente os demais conteúdos de cada tópico exigidos no planejamento anual, que é definido por área em cada uma das escolas (conforme Tabela 4.1).

Tabela 4.1: Apresentação dos conteúdos, da carga horária e da metodologia empregada.

| Conteúdos | Carga horária (em sala de aula) | Carga horária (extraclasse) | Metodologia |
|--|---|-----------------------------|---|
| <u>Módulo 1:</u> Escalas Termométricas | 4 h-a | 3 h-a | <ul style="list-style-type: none"> Esta carga horária destina-se ao trabalho prático no laboratório de informática. Os alunos recebem uma lista de questões, a ser entregue no horário de aula, tendo assim, a oportunidade de trabalhar os conceitos e fixar a teoria. As modelagens são introduzidas e acompanhadas de explicações gerais. Em seguida, os alunos trabalham, em grupos, os conteúdos de cada módulo desenvolvendo as atividades propostas. O professor atua como um mediador nestas tarefas. É estimulado que os alunos complementem seus trabalhos em horário extraclasse com maior espaço para pesquisa, podendo entregar uma versão mais elaborada que também fará parte da sua avaliação. |
| <u>Módulo 2:</u> Dilatação Térmica | 4 h-a | 2 h-a | |
| <u>Módulo 3:</u> Calorimetria | 2 h-a | 3 h-a | |
| <u>Módulo 4:</u> Curvas de Aquecimento | 4 h-a | 2 h-a | |
| <u>Módulo 5:</u> Trocas de Calor | 2 h-a | 1 h-a | |
| <u>Módulo 6:</u> Gases | 3 h-a | 2 h-a | |
| <u>Módulo 7:</u> Termodinâmica | 4 h-a | 4 h-a | |
| Atividades Extraclasse | Sem previsão de horário por ser atividade que depende da dedicação e disponibilidade de cada aluno. | | <ul style="list-style-type: none"> Todos os módulos didáticos contêm atividades extras que promovem a pesquisa e a interação entre os grupos, tais como as questões relacionadas ao cotidiano do aluno. |
| Construção de Hipertextos | Sem previsão de horário por ser atividade que depende da dedicação e disponibilidade de cada aluno. | | <ul style="list-style-type: none"> Construção de hipertextos pelos alunos, que podem ser incluídos em página da internet vinculada à disciplina, abordando assuntos que englobam os conteúdos trabalhados de forma interdisciplinar. |

4.3 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

A avaliação desta proposta foi feita ao longo de seu desenvolvimento. Para tal, a aprendizagem adquirida pelos alunos foi analisada comparando-se os resultados obtidos em um teste⁶, aplicado como pré e pós-teste, envolvendo os conteúdos de Física Térmica, assim como através da análise dos resultados obtidos pelos alunos nos demais instrumentos de

⁶ Este teste já foi utilizado anteriormente por D. B. Sias, quando da aplicação de seu trabalho de mestrado (Sias, 2006), com o objetivo de averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos de Física Térmica.

avaliação utilizados. Procurou-se verificar a eficácia da aplicação da presente proposta na qualidade da aprendizagem dos alunos e no seu interesse pela disciplina. Foi também aplicado um questionário de opinião para verificar a aceitação da proposta pelos alunos.

Os alunos foram avaliados pela sua interação com os conteúdos de Física Térmica, através do trabalho realizado nas atividades propostas nos módulos didáticos, pelas contribuições nos debates, no desenvolvimento de trabalhos e na resolução de exercícios, bem como por meio de prova individual, prevista no plano pedagógico das três escolas. Conforme foi descrito acima, ao final da aplicação da proposta, os alunos foram submetidos a um pós-teste.

4.4 MATERIAL DESENVOLVIDO

Nesta seção, apresenta-se o material instrucional que foi elaborado neste projeto. A implementação do material utilizado teve por base os referenciais das teorias de mediação e interação social de Lev Vigotski e a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e Joseph Novak, abordados no Capítulo 3. O material instrucional é composto por sete módulos didáticos, contendo textos de apoio e atividades exploratórias com questionamentos envolvendo modelagens computacionais criadas com os programas *Modellus* e planilha eletrônica. Também foram criados guias para utilização das modelagens, assim como uma seção com questionamentos que abordam a Física no cotidiano do aluno. O material didático foi disponibilizado em uma página da *Web* de cada escola e em CD-ROM.

4.4.1 Questionários

No início da aplicação deste trabalho foi apresentado um pré-teste aos alunos com o objetivo de averiguar os seus conhecimentos prévios sobre os conteúdos de Física Térmica (Anexo A). Este teste foi reaplicado ao final da proposta na forma de um pós-teste.

O teste é composto por 16 questões sobre Física Térmica contendo para cada uma delas três afirmativas em que o aluno marca V para afirmativa verdadeira ou F para falsa. Apesar de cada questão possuir somente uma alternativa cientificamente correta, o aluno tinha liberdade de marcar uma ou mais opções de resposta, proporcionando liberdade de mostrar seu pensamento e capacidade de raciocínio, além de trazer à tona seus conhecimentos prévios. Após a aplicação do pré-teste, foram feitas análises das respostas com objetivo de verificar os

subsunçores existentes na estrutura cognitiva dos alunos, segundo a teoria de Ausubel, apresentada no Capítulo 3.

Com a tabulação dos resultados do pré-teste concluída, foi estruturada a forma como as aulas seriam ministradas, oportunizando focar um ou outro conceito de maior relevância para o ensino da Física Térmica. Durante a aplicação da proposta, os alunos puderam aperfeiçoar e ampliar seus conhecimentos formando novos *subsunçores*, fato verificado com a aplicação do pós-teste, o qual foi aplicado sem que os alunos fossem avisados e sem dar tempo para que se preparassem, como pode ser visto no Capítulo 5, seção 5.2.1.

Pôde-se verificar uma evolução na formação dos conceitos dos alunos, tanto pelo nível dos debates que eram realizados no período de aplicação do projeto, quanto pelas respostas apresentadas no pós-teste, quando a maioria dos alunos marcou somente uma questão como sendo verdadeira e, na maioria das vezes, condizente com aquela cientificamente correta. Em várias questões houve, também, redução do percentual de alunos que marcaram a alternativa incorreta.

Com objetivo de analisar e avaliar a aplicação da proposta, um segundo questionário na forma de um opinário (Apêndice A) foi elaborado, o qual foi apresentado aos alunos no término da aplicação do presente trabalho.

Esse questionário contém 20 questões e um espaço para que o aluno possa comentar e expressar sua opinião. O questionário visa verificar o conhecimento que o aluno possui quanto à utilização do computador e alguns aplicativos, à navegação na Internet e à frequência de sua utilização. Foi analisada ainda a utilização de recursos tecnológicos não só na escola, mas na própria residência do aluno, haja vista que alguns alunos ainda convivem precariamente com a tecnologia, não possuindo sequer acesso à Internet. Também foi verificado o uso destes recursos nas aulas de Física em anos anteriores à aplicação desta proposta. Outro tópico do mesmo questionário tinha por objetivo analisar a aceitação desta atividade pelos alunos no trabalho com informática, especificamente com o uso dos programas *Modellus* e planilha eletrônica, as modelagens, as animações e os guias de atividades para serem trabalhadas em aula e complementadas em casa.

A partir da análise das respostas desse objeto de avaliação, pôde-se perceber que a maioria dos alunos achou prazeroso realizar as atividades desenvolvidas no laboratório de informática, não só por facilitar o aprendizado, mas também por ser uma forma de diversificar a metodologia de ensino, através de aulas mais atrativas e interessantes, que despertam o

interesse pela descoberta. Também pôde ser constatado que alguns alunos demonstravam bastante interesse nas aulas práticas, mas perdiam parte do interesse pela atividade quando tinham que responder às questões propostas. Porém, quando trabalhavam com o tópico *Física no Cotidiano*, demonstravam novo interesse em descobrir o porquê de situações que costumam presenciar no seu dia-a-dia. Uma pequena parcela dos alunos não manifestou gosto pelo trabalho com recursos tecnológicos. Os resultados dos questionários são apresentados no Capítulo 5, seção 5.2.

4.4.2 Material instrucional

Para a implementação desta proposta, foi elaborado um material instrucional distribuído em sete módulos didáticos, contendo guias das atividades a serem desenvolvidas com os programas *Modellus* e planilha eletrônica, hipertextos para apoio didático referente não só aos conteúdos trabalhados nas modelagens, mas a outros que permitam um avanço no conhecimento do aluno. O material instrucional visa ampliar seus saberes e reestruturar seus conhecimentos prévios, fornecendo subsídios ao aluno para que este esteja em constante busca de uma aprendizagem potencialmente significativa, no intuito de construir e formular novos conceitos de acordo com um padrão cientificamente correto.

O material instrucional, organizado na forma de uma página da *Web*, com hipertextos interligados, é apresentado no Apêndice B, contendo os módulos didáticos com uma estrutura, comum a todos eles, que inicia com um texto de apoio. Depois são apresentadas as atividades exploratórias com questionamentos envolvendo as modelagens computacionais criadas com os programas *Modellus* e planilha eletrônica, os *gifs* animados produzidos, os guias para utilização das modelagens, assim como uma seção com questões que abordam a Física no cotidiano do aluno. A estrutura dos diversos módulos é apresentada nas seções 4.4.2.1 a 4.4.2.4.

4.4.2.1 Hipertexto

O hipertexto foi elaborado com a linguagem HTML (Hyper Text Markup Language), que tem como vantagem ocupar pouco espaço de memória, e foi desenvolvido na forma de pequenos menus, que permitem localizar diretamente um tópico específico e, a partir dele, seguir para outros assuntos de interesse, sem a necessidade de retorno à página principal, conforme pode ser visto na Figura 4. 1.

Instituto de Física

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FÍSICA TÉRMICA

| | | | | | | | | |
|---------|-----------------------|-----------|--------------|-----------------------|-----------------|-------|---------------|------------|
| Inicial | Escalas termométricas | Dilatação | Calorimetria | Curvas de aquecimento | Trocas de calor | Gases | Termodinâmica | Saiba mais |
|---------|-----------------------|-----------|--------------|-----------------------|-----------------|-------|---------------|------------|



Imagens da explosão do Sol

Os conteúdos de Física Térmica encontram-se separados em módulos didáticos. Em cada um deles você encontrará um texto de apoio e atividades envolvendo modelagens computacionais. O texto de apoio inclui os conceitos físicos referentes a cada um dos assuntos e alguns exemplos e exercícios de fixação; as atividades propostas serão trabalhadas utilizando modelagens computacionais e questões correspondentes; no final de cada módulo você tomará contato com questões relacionando o conteúdo com o seu dia-a-dia na seção *Física da Cotidiana*.

Figura 4.1: Página da Web contendo o material instrucional separado em sete módulos didáticos, que podem ser acessados através de menus.

Para elaboração do material instrucional, teve-se o cuidado de apresentar os conteúdos de forma simples e objetiva, incluindo exemplos, questões e exercícios sobre o assunto. Este material serve de suporte teórico aos alunos e a estrutura, a linguagem utilizada e a organização de conceitos apresentados facilitam a interpretação de textos. Para cada um dos assuntos, são apresentados *links* e a navegação se dá de forma bastante simples, pois estes estão localizados no início de cada tópico para que o aluno possa direcionar-se precisamente à área de seu interesse.

Visando à interação entre as várias áreas do conhecimento, como já mencionado na seção 4.1, os alunos produziram trabalhos interdisciplinares. Exemplos de páginas construídas por grupos de alunos são mostradas nas Figuras 4.2 e 4.3, que evidenciam habilidades adquiridas na área tecnológica e promoveram a interdisciplinaridade. Tais atividades foram desenvolvidas em conformidade com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999).

Daniel Gabriel Fahrenheit


[Bibliografia](#)

[Curiosidades](#)

[Escala](#)

[Termômetro](#)

[Opiniões](#)



Componentes: Camila e Kamyla. N°s: 05 e 17.
Colégio: Santa Inês
Disciplina: Física

Figura 4.2: Página produzida por um grupo de alunos do Colégio Santa Inês.

Muitos teóricos, como Nogueira (2005), defendem a idéia de que, em uma pedagogia de projetos, o aluno deve ter liberdade para desenvolver um assunto de seu interesse, sem imposição do professor, mas os assuntos pesquisados devem estar inseridos na estrutura do projeto. Para que isso fosse possível, foi dada liberdade para os alunos explorarem assuntos de maior interesse. Como mostrado na Figura 4.3, o tema do hipertexto é diferente dos assuntos trabalhados em Física Térmica.



Aristóteles
Arthur, Felipe e Rafael Passos

Início | Vida | Pensamento | Obra | Linha do Tempo | Dados do Trabalho

Este grande filósofo grego, filho de Nicômaco, médico de Amintas, rei da Macedônia, nasceu em Estagira, colônia grega da Trácia, no litoral setentrional do mar Egeu, em 384 a.C. Aos dezoito anos, em 367, foi para Atenas e ingressou na academia platônica, onde ficou por vinte anos, até à morte do Mestre. Nesse período estudou também os filósofos pré-platônicos, que lhe foram úteis na construção do seu grande sistema.

Suas reflexões filosóficas – por um lado originais e por outro reformuladoras da tradição grega – acabaram por configurar um modo de pensar que se estenderia por séculos.

Prestou inigualáveis contribuições para o pensamento humano, destacando-se: ética, política, física, metafísica, lógica, psicologia, poesia, retórica, zoologia, biologia, história natural e outras áreas de conhecimento humano. É considerado por muitos o filósofo que mais influenciou o pensamento ocidental.

Por ter estudado uma variada gama de assuntos, e também por ter sido um discípulo que em muito sentidos ultrapassou seu mestre, Platão, é conhecido também como o Filósofo.

Conheça mais sobre Aristóteles visitando os links do menu superior.

Aristóteles
Arthur, Felipe e Rafael Passos

Figura 4.3: Página da *Web* produzida por grupo de alunos do Colégio Santa Inês.

4.4.2.2 Texto de apoio para o módulo

Em cada um dos módulos didáticos, é apresentado um texto de apoio introduzindo os conceitos referentes aos conteúdos abordados no módulo. São apresentados, também, exemplos, questões e exercícios, com o objetivo de reforçar aspectos teóricos e fixar os conteúdos trabalhados, permitindo que os alunos externem seus conhecimentos, contextualizando-os no meio social em que estão inseridos. No *Módulo 2*, que trata da dilatação de sólidos e líquidos, também são incluídos *gifs* animados para ilustrar estes fenômenos.

4.4.2.3 Guias de atividades sobre os conteúdos do módulo

Os guias das atividades foram desenvolvidos para que o aluno, ou grupo de alunos, possa interagir com as modelagens promovendo a interação social entre alunos e o professor, que atua, então, como um mediador. Para cada um dos sete módulos didáticos foi elaborado um *guia de atividades*, contendo seu objetivo, o material de apoio (modelagens), uma seção,

Procedimento, com instruções de uso das modelagens, e outra seção, *Questões*, trabalhadas de forma interativa com as modelagens. Finalmente, em uma última seção, *Física no Cotidiano*, são apresentados questionamentos contextualizando o assunto do módulo didático com o dia-a-dia do aluno, pois, através da interação com o meio em que vive, ele poderá formar seus próprios conceitos e abandonar a aprendizagem mecânica, caracterizada por decorar conteúdos e teorias para um momento específico, que seriam facilmente esquecidas após um curto período de tempo (Ausubel *apud* Moreira, 1999b).

Os guias de atividades têm por finalidade estruturar a forma sugerida de como a atividade pode ser trabalhada pelo professor, de modo a desenvolver no aluno o raciocínio lógico e matemático, o poder de crítica e a análise de situações do cotidiano.

A seção inicial, *Procedimento*, descreve como utilizar a modelagem e os cuidados que os usuários devem ter ao interagir com o programa para que as condições apresentadas estejam em conformidade com o esperado padrão científico.

A segunda seção, *Questões*, é constituída de um conjunto de questionamentos trabalhados de forma integrada com as modelagens pelos alunos em grupo, com a mediação do professor. Tais questões permitem relacionar grandezas físicas e sua análise gráfica, podendo levar o aluno a formar seus conceitos e expressá-los corretamente.

O último tópico do guia de atividades visa explorar situações já vivenciadas pelo aluno ou inseridas no seu cotidiano. Chamada de *Física no Cotidiano*, esta seção contém uma série de questões de uso prático dos conceitos trabalhados e faz o aluno relacioná-los com eventos da natureza.

Antes de iniciar o trabalho com as modelagens, os alunos tomaram contato com o assunto abordado. Através de discussões sobre as aplicações da Física no cotidiano, começaram a formar seus próprios conceitos, em um processo de contínua construção e reconstrução, conforme as teorias de aprendizagem abordadas no Capítulo 3. Após a conclusão desta etapa, os alunos foram levados para os laboratórios de informática e receberam o guia e as instruções sugeridas para o trabalho.

Para favorecer a interação social, os alunos se agruparam em duplas ou em trios de sua própria escolha, o que promoveu debates sobre as questões propostas, envolvendo a construção de seu próprio conhecimento. Com o objetivo de complementar e aprofundar a busca por conceitos, ao final da atividade, em período extraclasse, formaram-se grupos maiores para discussão e finalização das atividades dos módulos.

Os guias de atividades sobre os conteúdos dos módulos apresentam a mesma estrutura, descrita a seguir:

- ✓ Objetivo: são expostos os objetivos a serem atingidos pelos alunos na realização da atividade.
- ✓ Material de apoio: são especificadas as modelagens e as animações propostas, desenvolvidas com *Modellus*, e/ou planilha eletrônica e/ou *gif* animado.
- ✓ Procedimento: é descrito como utilizar a modelagem, detalhando todos os passos e cuidados a serem seguidos para interagir com as ferramentas de cada programa.
- ✓ Questões: são explorados questionamentos, que procuram incentivar a criatividade e o espírito investigador no aluno, aprofundando seus conhecimentos. Como exemplo, algumas questões procuram desenvolver o raciocínio lógico e matemático com uso de relações entre grandezas e análise de gráficos.
- ✓ Física no Cotidiano: este tópico tem por objetivo contextualizar os conceitos estudados com a vivência do aluno, criando situações nas quais uma nova informação relevante se ligue a um *subsunçor* pré-existente na sua estrutura cognitiva, podendo gerar uma aprendizagem potencialmente significativa.

Após a descrição dos guias de atividades, são relatados, a seguir, os assuntos abordados nos módulos.

4.4.2.4 Modelagens e gifs animados

As modelagens produzidas visam tratar os conceitos da Física Térmica de uma forma simples e de fácil compreensão para os alunos, permitindo que ocorra interação entre o usuário e o aplicativo, tornando a busca pelo saber mais dinâmica e atrativa. Incentiva-se o aluno a fazer associações entre as grandezas físicas, analisando os gráficos correspondentes.

Nas simulações foram sugeridos alguns casos⁷ adicionais, contendo valores predeterminados que permitem explorar situações específicas para manter um padrão cientificamente correto. O aluno é incentivado a explorar outras situações que mais lhe convenham, colocando parâmetros, alternando e extrapolando valores que corroborassem suas hipóteses formuladas. É importante enfatizar o cuidado que devem tomar para não representar uma situação absurda, ou seja, fora dos padrões cientificamente corretos.

⁷ Caso, no menu do programa *Modellus*, é um recurso que permite inserir mais de um parâmetro para a mesma variável, representando situações diversas.

Os *gifs* animados construídos não permitem interação e foram usados para dar um contexto científico complementar às modelagens trabalhadas, fazendo com que o estudante aprimore ainda mais seu conhecimento e possa pensar ou planejar alguma situação diversa. Estes *gifs* animados foram construídos utilizando o programa Paint Shop Pro V⁸.

As modelagens elaboradas foram planejadas de acordo com um padrão, devendo ter os seguintes requisitos básicos:

- ser atrativas, intuitivas, com imagens claras, nítidas e de fácil interação;
- possuir tamanho compatível com a tela do computador, de forma que o aluno possa observar todo intervalo de variação das grandezas;
- contemplar arquivos de tamanho que possam ser executados em computadores que os alunos encontram nas escolas ou em suas casas;
- apresentar claramente a relação das questões e de sua localização no programa utilizado, bem como especificar onde o aluno deve alterar os parâmetros propostos;
- estar relacionadas com conteúdo trabalhado anteriormente em sala de aula;
- possibilitar o seu uso para verificar situações diversas das propostas pelo professor, como, por exemplo, aquelas presentes em livros didáticos, como exemplos e exercícios.

As animações podem ser utilizadas basicamente de duas maneiras: incluídas em um guia de atividades sugeridas, a serem trabalhadas no laboratório de informática e apresentadas para complementar as explicações do professor nas aulas expositivas. Elas também podem ser usadas pelo aluno como fonte de consulta em um ambiente fora do horário escolar.

De um modo geral, todas as modelagens construídas apresentam uma interface com recursos simples que facilitam o entendimento do que deve ser feito pelo aluno, tornando simples a interação usuário-animação. As modelagens foram baseadas nos conteúdos a serem ministrados na segunda série do ensino médio, com o objetivo de representar de forma dinâmica as situações e fenômenos discutidos em aula. O seu valor reside no fato de poder representar processos que são difíceis de serem visualizados em laboratório e que também não são fáceis de descrever por meio de palavras ou de desenhos - o que seria apenas uma imagem estática de um processo dinâmico no quadro-negro.

⁸ Paint Shop Pro V é um *software* livre que permite edição de imagens e construção de *gifs* animados.

Nas modelagens com o programa *Modellus*, a variável independente é o tempo, mas, como nem sempre o tempo está explícito quando se explora relações entre grandezas, utiliza-se um recurso na janela chamada “Modelo”, na qual se iguala a variável “t” à variável desejada, alterando os limites correspondentes. Também se substitui “t” pela variável independente necessária à descrição do sistema em “Variável independente”, no menu “Opções” da janela “Controle”.

4.4.3 Conteúdos trabalhados em cada módulo

Nesta seção, será descrito como foram trabalhados os conteúdos de cada um dos sete módulos didáticos, bem como as competências e habilidades que estas simulações interativas permitem que o aluno desenvolva. As modelagens estão inseridas na página *Web* em um CD-ROM (Apêndice B), descrito anteriormente na seção 4.4.2.1.

4.4.3.1 Módulo 1: Escalas termométricas

Na modelagem sobre escalas termométricas, o aluno é levado a relacionar valores de temperatura nas três escalas mais conhecidas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin – fato que difere da abordagem trazida na maioria dos livros didáticos, que tratam separadamente as relações entre as três escalas, mencionando, em primeiro momento, as escalas Celsius e Fahrenheit para depois relacionar as escalas Celsius e absoluta (Kelvin).

O aluno é também capaz de identificar as relações entre valores medidos nos pontos fixos e o que eles significam, representados na forma de diagrama, correspondentes aos pontos de fusão e de ebulição da água. O mesmo diagrama permite que o aluno amplie seus conhecimentos e perceba as diferenças entre medir um valor em diferentes escalas e analisar as relações entre variações de temperatura em diferentes escalas. Através do diagrama é possível também explicar como é feita a graduação de um termômetro.

Ao iniciar a abordagem do assunto, aparecerão duas janelas de animação: na primeira é possível alterar os valores da escala Celsius para a Fahrenheit e Kelvin e, na segunda, alteramos os valores da escala Fahrenheit para Celsius e absoluta (Kelvin).

Na “Janela Condições Iniciais” encontram-se três casos com parâmetros que podem ser alterados tanto na escalas Celsius como em Fahrenheit. O primeiro caso permite que o aluno altere qualquer valor e teste suas hipóteses; já no segundo e no terceiro caso, foram

representadas situações específicas, abordando o que seria o zero absoluto não só na escala Kelvin, como também nas escalas Celsius e Fahrenheit. Para todos os casos trabalhados, o aluno é incentivado a formular suas hipóteses e idéias, aplicando-as através de cálculos em conjunto com os demais membros do grupo, para que posteriormente possa verificar sua resposta utilizando o caso correspondente.

Caso o aluno formule uma resposta incorreta sem que perceba, ao entrar com os valores para tabulação, perceberá uma diferença entre o resultado por ele calculado e o resultado apresentado pelo programa, gerando um confronto entre um conceito que possuía e uma nova informação. Este fato instiga o aluno a descobrir onde está o erro, e a nova informação se unirá a um subsunçor presente na sua estrutura cognitiva, levando a reformulação do conhecimento e a construção de um conceito cientificamente correto.

O uso do programa *Modellus* permite também que o aluno observe as equações matemáticas utilizadas para a modelagem, podendo estabelecer as relações entre as grandezas físicas. Esta janela chama-se “Modelo”.

4.4.3.2 Módulo 2: Dilatação térmica

A modelagem com o programa *Modellus* é realizada somente para dilatação linear. As dilatações superficiais e volumétricas (de sólidos e líquidos) são representadas através de *gifs* animados. As dilatações superficiais são exploradas com questionamentos no guia de atividades. As atividades foram complementadas (discussões e abordagens de novas situações) através da mediação entre alunos e professor, tendo por objetivo desenvolver no aprendiz uma consciência crítica e reflexiva no construto do saber científico.

Na modelagem da dilatação linear, procurou-se mostrar a dilatação que ocorre em uma barra, enfatizando-se que se trata de um caso ideal: a dilatação se dará apenas em uma dimensão- aumento no comprimento com o aumento na temperatura. Para tanto, será explicado ao aluno que a variação de comprimento é muito mais perceptível do que a variação da espessura da barra e, neste caso, podemos desconsiderar o aumento da espessura por ser muito menor que o aumento de comprimento.

Também deve ser explicado ao aluno, antes de iniciar o trabalho, o fato de que, para fins de visualização, a dilatação foi representada em uma escala diferente (maior) daquela usada para representar o comprimento inicial da barra, mostrada na cor preta na janela “Animação 1”.

A janela “Animação 1” dessa modelagem possui, além das barras ilustrativas, medidores de dilatação (ΔL_1 e ΔL_2), os comprimentos finais das barras 1 e 2 (L_1 e L_2) e o coeficiente de dilatação de cada uma das barras (α_1 e α_2). Abaixo dos medidores, são construídos, em tempo real, dois gráficos da variação de comprimento em função da variação de temperatura sofrida pelo objeto.

Esta modelagem foi elaborada para que o aluno, além de perceber o fenômeno da dilatação, pudesse comparar como seria a dilatação de barras de mesmo material e de materiais diferentes, caracterizados pelos coeficientes de dilatação linear (α). Os valores de α estão localizados em uma tabela em um *hiperlink* da página *Web* desenvolvida, e sua unidade é dada por: ($10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Outro cuidado observado na construção da modelagem foi a representação colorida para cada barra separadamente: a cor vermelha foi utilizada para a barra 1, incluindo os medidores e o gráfico, e a cor verde foi utilizada para a barra 2. Assim não há risco de o aluno fazer confusão no momento em que analisa os dados e os gráficos.

Para que ocorra interação, o aluno pode alterar os parâmetros, desde que o programa ainda não esteja em execução, colocando valores nas duas barras para o comprimento inicial, coeficiente de dilatação e temperaturas iniciais e finais. Outro recurso utilizado é a comparação entre os dois gráficos que representam a dilatação sofrida pelas barras na mesma janela “Gráfico 1”.

Na janela chamada “Gráfico 1”, o aluno pode comparar de modo mais preciso as variações de comprimento das duas barras, percebendo qual delas sofre maior ou menor dilatação, estruturando, com isso, seu conhecimento e formando seu próprio conceito sobre os fatores que interferem na dilatação de barras ou fios. Na mesma janela é possível também escolher as outras grandezas dependentes, inicialmente representadas por ΔL_1 e ΔL_2 , ou optar por apenas uma dessas grandezas.

Para tornar a aprendizagem sobre dilatação mais abrangente, foram construídos *gifs* animados para a dilatação superficial e volumétrica de sólidos e de líquidos. Foi utilizada a projeção numa tela dos *gifs* animados, e os alunos eram incentivados a pensar e formular hipóteses sobre o fenômeno em questão antes de observar as animações.

Essas animações não eram interativas, mas sempre estavam relacionadas à modelagem trabalhada sobre dilatação linear. Abaixo estão representados os diferentes tipos de *gifs*

produzidos com auxílio do programa Paint Shop Pro V, que consiste em representar seqüencialmente diversas projeções de um desenho.

4.4.3.2.1 *Gif* animado representando a dilatação superficial

Na animação de dilatação superficial, está representada uma chapa na cor amarela, sobre um fundo azul, com um orifício circular em seu centro. À medida que a chapa dilata, o orifício também dilata. O aluno terá capacidade de perceber que o aumento do orifício é proporcional ao aumento da chapa.



Figura 4.4: Dilatação superficial – chapa com orifício circular em seu centro submetida a um aumento de temperatura. Na seqüência, da esquerda para a direita, observa-se que, à medida que a barra dilata, o orifício dilata nas mesmas proporções.

4.4.3.2.2 Dilatação volumétrica de sólidos

A animação sobre dilatação volumétrica de um sólido representa um cubo dilatando à medida que sua temperatura aumenta. Cada lado do cubo é destacado com cores diferentes para facilitar a compreensão por parte do aluno. Espera-se que o aluno perceba a dilatação nas três dimensões. Neste momento, é salientado como a dilatação realmente ocorre, explicando-se novamente a diferença entre um caso ideal e o cientificamente correto.

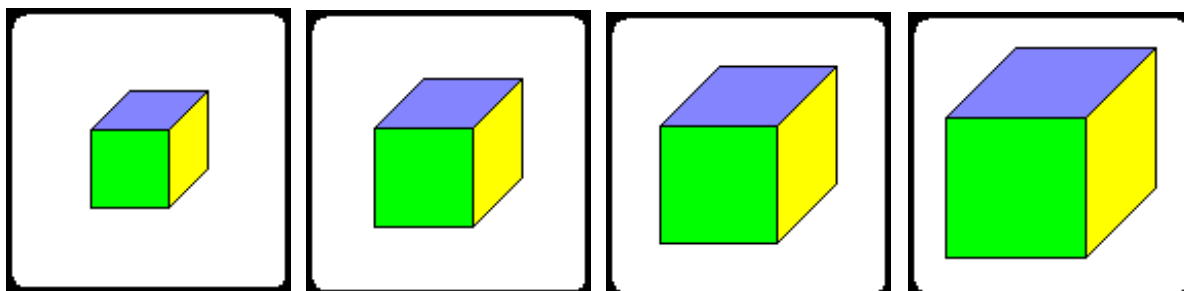


Figura 4.5: Dilatação volumétrica – cubo sofrendo dilatação devido ao aumento da temperatura.

4.4.3.2.3 Dilatação de líquidos

Na animação sobre dilatação de líquidos (Figura 4.6), considera-se um recipiente sólido completamente preenchido com um líquido qualquer e, ao lado, outro recipiente vazio que coletará o líquido extravasado quando for aumentada a temperatura do primeiro (no topo da figura, à esquerda). É possível observar que, enquanto o conjunto é aquecido, tanto o sólido quanto o líquido aumentam de volume, porém, como o coeficiente de dilatação do líquido é maior do que o do sólido, sua dilatação é maior. Assim, parte do líquido extravasa, caindo no segundo recipiente (no topo da figura, no centro). Este volume extravasado representa a dilatação aparente do líquido. Na imagem do topo da figura, à direita, continuando-se o aquecimento, aumenta-se a quantidade de líquido extravasado. Na base da figura, à esquerda, a imagem representa o momento em que é retirada a fonte de aquecimento do conjunto (recipiente + líquido)– representado pela exclusão das velas. No centro é representado o conjunto, durante o resfriamento, a uma temperatura intermediária. Quando a temperatura diminui atingindo o seu valor inicial (imagem da direita), o sólido volta a seu tamanho normal e a quantidade de líquido contida no recipiente é menor do que a original, mostrando que parte do líquido extravasou do recipiente.

Ao se deparar com este fenômeno, o aluno é incentivado a refletir e, junto com o seu grupo, deve formular uma resposta ao ocorrido, construindo assim o conceito de dilatação de líquidos.

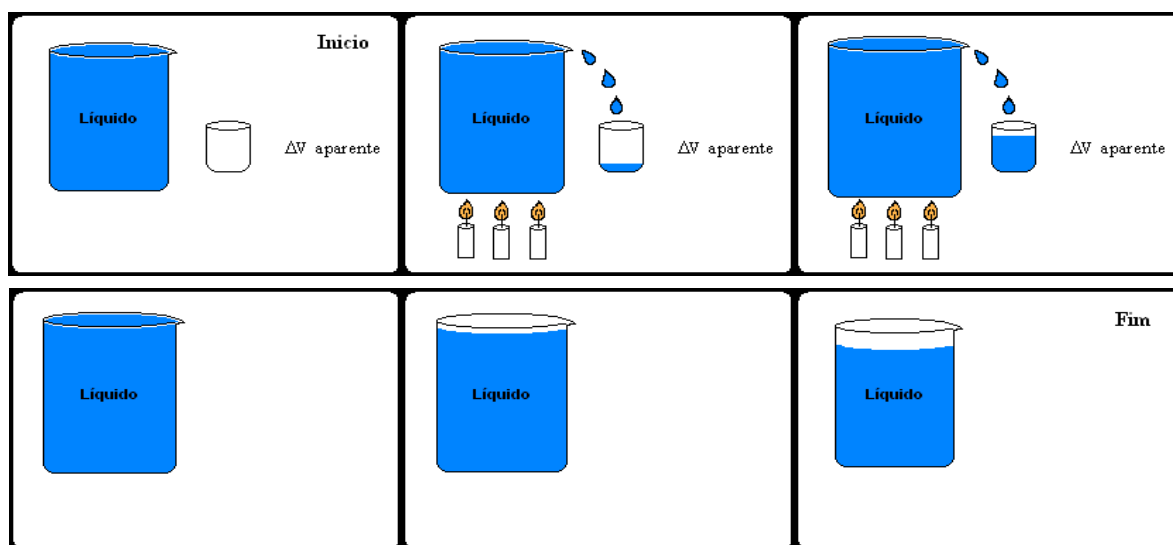


Figura 4.6: Efeito da temperatura sobre um líquido: aquecimento (figuras do topo) e resfriamento (figuras da base).

4.4.3.2.4 Dilatação de uma lâmina bimetálica

Após compreender as propriedades que influenciam a dilatação dos corpos, é apresentado um *gif* animado em que são representadas duas lâminas bimetálicas, com o intuito de analisar os diferentes materiais que as constituem. Como exemplo, elas são encontradas em um termostato, preparado para desligar quando a temperatura aumenta além de um valor crítico.

Na Figura 4.7, são representadas duas lâminas bimetálicas, nas quais a temperatura aumenta nas imagens da esquerda para a direita: nas ilustrações superiores, a lâmina é constituída dos materiais A e B, onde $\alpha_A < \alpha_B$; e, nas inferiores, a lâmina é constituída dos materiais A e C, onde $\alpha_A > \alpha_C$.

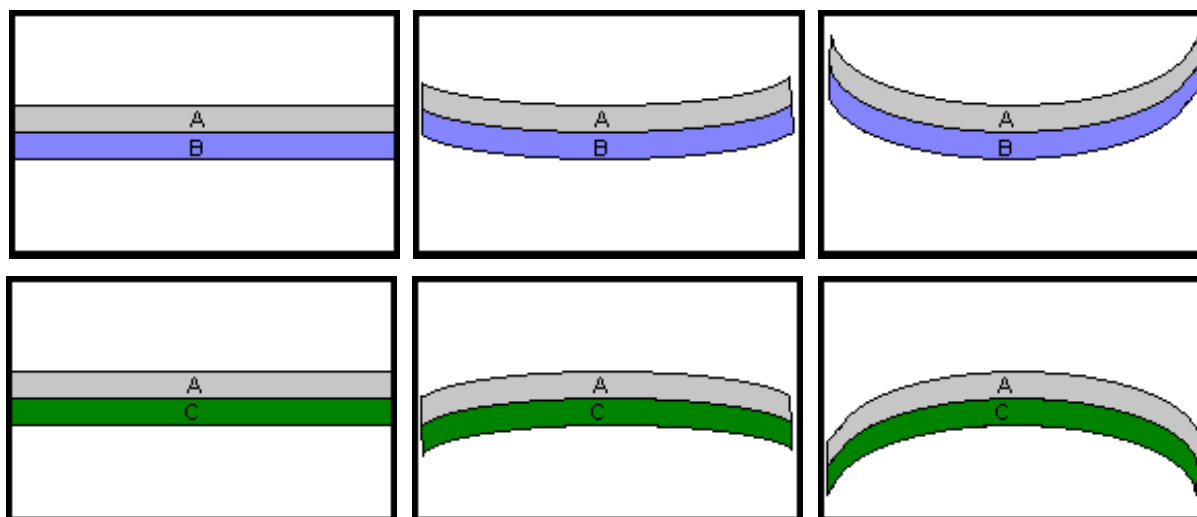


Figura 4.7: Efeito do aumento da temperatura sobre lâminas bimetálicas. A, B e C representam três lâminas metálicas constituídas de diferentes materiais.

Para trabalhar todos os conceitos de calorimetria, resolvemos separar os assuntos em três etapas ou módulos didáticos. No primeiro, *Módulo 3*, são apresentados os conceitos de capacidade térmica e de calor específico. No segundo, *Módulo 4*, são analisadas as curvas de aquecimento e, no *Módulo 5*, é apresentado um estudo sobre as trocas de calor.

4.4.3.3 Módulo 3: Calorimetria

A modelagem sobre calorimetria traz duas janelas de “Animação”. Na Janela “Animação 1”, é possível analisar o gráfico da variação da temperatura versus a quantidade de calor absorvida. Abaixo dos gráficos, encontram-se quatro medidores para as seguintes grandezas: capacidade térmica do corpo (C), calor específico da substância (c) e massa (m).

Novamente foram usadas cores diferentes para cada um dos corpos representados nos gráficos e nos medidores das grandezas.

No hipertexto encontra-se um *link* para abrir a tabela contendo valores do calor específico para diversas substâncias. Estes valores servem de consulta para que o aluno possa verificar, através da inserção de dados na Janela “Condições Iniciais”, a relação existente entre as grandezas envolvidas na determinação da capacidade térmica para diversos objetos, bem como analisar relações de proporção entre grandezas de mesma espécie.

Neste módulo, foram desenvolvidos quatro Casos representando diferentes situações para análise. Quando o aluno escolher um dos Casos, o programa ilustrará uma situação diferente, na qual foi alterado a massa ou o calor específico de um ou dos dois corpos.

4.4.3.4 Módulo 4: Curvas de aquecimento

A modelagem de curvas de aquecimento é feita em duas etapas: na primeira, utilizou-se a planilha eletrônica Excel, em que é determinada a temperatura em função da quantidade de calor, mostrando separadamente a construção automática dos gráficos durante o processo de aquecimento, em que são consideradas as mudanças de fase. A segunda etapa é realizada com o programa *Modellus* e mostra a construção do gráfico por inteiro, desde o aquecimento do gelo até o aquecimento do vapor, partindo-se de uma amostra de gelo a uma temperatura menor que 0°C. A segunda etapa é meramente ilustrativa, e a interação aluno-animação ocorrerá somente com uso da planilha eletrônica Excel.

Com a planilha eletrônica Excel, o aluno pode realizar todo tipo de análise das quantidades de calor envolvidas para cada processo: aquecimento do sólido, fusão, aquecimento do líquido, vaporização e aquecimento do vapor.

Na planilha, o aluno fornece os valores para a massa de uma determinada substância, os calores específicos nos três estados (sólido, líquido e gasoso), os valores dos calores latentes de fusão e de vaporização e as temperaturas (inicial e final) para cada estado físico. O programa realizará os cálculos automaticamente, fornecendo como resposta os gráficos da temperatura versus quantidade de calor nas cinco etapas envolvidas, o resultado final para a quantidade de calor absorvida em cada etapa e a quantidade de calor total.

É possível também que o aluno observe valores intermediários do processo, pois os 1500 pontos usados na construção dos gráficos são mostrados em uma tabela.

4.4.3.5 Módulo 5: Trocas de calor

A modelagem, criada com o *Modellus*, propõe a análise de como ocorrem as trocas de calor entre dois corpos até que ocorra equilíbrio térmico. Os corpos podem ser constituídos ou não do mesmo material – fato determinado pelo valor do calor específico descrito na tabela que pode ser encontrado no *hiperlink* do hipertexto. Os corpos, verde e vermelho, estão contidos dentro de um recipiente adiabático, ou seja, que não permite trocas de calor com o meio externo.

Abaixo do quadro “Recipiente adiabático”, encontram-se três marcadores em verde, representando a massa, a temperatura inicial e a quantidade de calor recebida pelo Corpo 1 e três marcadores em vermelho, representando a massa, a temperatura inicial e a quantidade de calor cedida pelo Corpo 2.

Em amarelo, na parte inferior da Janela “Animação 1”, está o medidor que fornece o resultado para a temperatura dos dois corpos no equilíbrio térmico. Tal resultado é mostrado, também, dentro do quadro “Recipiente adiabático”, indicado pela temperatura de cada amostra de material (verde e vermelho), variando com o tempo, desde o valor da temperatura inicial até atingir a temperatura final no equilíbrio térmico.

Para que o aluno perceba as relações de proporção envolvendo grandezas como massa, calor específico e temperatura inicial, cinco situações (Casos) são apresentadas. Em cada um dos Casos é estabelecido o valor para a massa, para a temperatura inicial e para o calor específico de cada corpo. É sugerido ao aluno que utilize o quinto Caso (quadrado vermelho) e siga as instruções: ir para a Janela “Condições Iniciais” para alterar os parâmetros e acionar o botão iniciar na Janela “Controle” para rodar a animação sempre que tal alteração for realizada. Os quatro primeiros Casos representam situações em que as grandezas variam de forma direta e/ou inversamente proporcionais.

4.4.3.6 Módulo 6: Gases

As transformações gasosas foram separadas em três animações para que o aluno identifique e diferencie cada uma delas: isotérmica, isobárica e isocórica ou isométrica.

Consideram-se as transformações de um gás ideal ou perfeito, ou seja, um gás hipotético de densidade muito baixa, tal que se possa considerar que suas moléculas não

interajam entre si. O volume ocupado pelo gás corresponde ao volume do recipiente que o contém.

Nas três animações, criadas com o *Modellus*, o aluno pode interagir fornecendo valores para as variáveis de estado do gás: pressão, volume e temperatura, localizados na janela “Condições Iniciais”. Como resultado, poderá realizar análises dos gráficos de cada tipo de transformação, bem como verificar as relações entre as grandezas.

4.4.3.6.1 Transformação isotérmica

Na modelagem para a transformação isotérmica, processo realizado à temperatura constante, o aluno entra com valores para a pressão e para o volume inicial e temperaturas inicial e final. Neste processo, com T_{inicial} igual à T_{final} , é traçado o gráfico pressão versus volume. São incluídos medidores para os valores das variáveis de estado após a transformação.

O aluno, nesta modelagem, tem a opção de alterar os valores da temperatura para observar o gráfico correspondente, sempre com cuidado de manter a temperatura inicial igual à temperatura final, por se tratar de um processo que ocorre à temperatura constante.

4.4.3.6.2 Transformação isobárica

Nesta modelagem, o aluno pode entrar com valores iniciais para as três variáveis de estado de um gás. O resultado será apresentado em dois gráficos: volume versus temperatura e pressão versus temperatura. A análise destes gráficos permitirá ao aluno fazer comparações com outras transformações, formulando mais rapidamente seus próprios conceitos, inseridos em uma perspectiva de aprendizagem significativa.

4.4.3.6.3 Transformação isométrica ou isocórica

Ao entrar com valores iniciais para as três variáveis de estado de um gás ideal, o aluno pode complementar a formação de conceitos analisando a forma como é representada graficamente uma transformação a volume constante.

O programa mostra a construção de dois gráficos: pressão versus temperatura e volume versus temperatura. Ao estudar este processo, o aluno tem a oportunidade de comparar os gráficos, distinguindo cada transformação e verificando, com a seqüência do

roteiro proposto, sua aplicação na prática diária. No momento em que o aluno relacionar as novas informações e conceitos construídos com suas experiências de vida, a aprendizagem pode se dar de forma bastante significativa.

4.4.3.7 Módulo 7: Termodinâmica

A modelagem construída refere-se ao trabalho, ao calor e à energia interna de um gás em processos termodinâmicos. Seu objetivo é fazer com que o aluno reforce os conceitos abordados no estudo de transformações gasosas, de agitação térmica, de calor e de energia, dando maior ênfase para a determinação do trabalho em um sistema termodinâmico como função da pressão e do volume.

Com esta animação, podem ser exploradas as situações quando o sistema realiza trabalho, em uma expansão, e quando sofre trabalho, em uma compressão, em dois processos: um com pressão constante e outro com pressão variável.

Com objetivo de explorar o primeiro princípio da termodinâmica $\Delta U = Q - \tau$, foi estipulada uma taxa de calor para os dois processos, Taxa_Q1 (pressão constante) e Taxa_Q2 (pressão variável).

O intervalo de variação do volume e os valores (inicial e final) do volume, tanto na expansão quanto na compressão, podem ser alterados, desde que o usuário troque os parâmetros na janela “Condições Iniciais” e altere também os limites na janela “Controle”, clicando no menu “Opções”.

Após a descrição dos contextos escolares em que a proposta foi aplicada, bem como os conteúdos abordados, a avaliação e o material instrucional produzido, serão apresentados, no próximo capítulo, a metodologia empregada na aplicação da proposta, a estrutura física das escolas e a análise dos resultados obtidos.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA

Neste capítulo, descreve-se a metodologia empregada na aplicação da proposta e comenta-se a análise dos resultados obtidos.

5.1 METODOLOGIA E CONTEXTO ESCOLAR

Este trabalho foi aplicado em três escolas particulares de Porto Alegre: Escola Maria Goretti, no bairro Higienópolis, Colégio São José de Murialdo, no bairro Partenon, e Colégio Santa Inês, no bairro Petrópolis, conforme foi mencionado no Capítulo 4, seção 4.1. Cada escola possui, pelo menos, um laboratório de informática com monitores em turno inverso, sendo que, em algumas escolas, os laboratórios são mais bem equipados do que em outras e possuem salas específicas para projeção.

As figuras abaixo mostram os laboratórios de informática das três escolas.



Figura 5.1: Laboratório de informática – Escola Maria Goretti.



Figura 5.2: Laboratório de informática – Colégio São José de Murialdo.



Figura 5.3: Laboratório de informática – Colégio Santa Inês.

A aplicação desta proposta teve início no primeiro dia letivo de 2006, em cada uma das três escolas, e seguiu até o mês de agosto. No primeiro dia letivo foi aplicado um teste (Anexo) para verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre Física Térmica, sendo este reaplicado ao final da proposta na forma de um pós-teste. Os resultados serão mostrados mais adiante na seção 5.2.1.

Após análise dos resultados do pré-teste, foram organizados os assuntos nos quais os alunos apresentaram conceitos expressos de forma incompleta ou errônea do ponto de vista científico, para que pudessem ser enfatizados durante a aplicação da proposta com o objetivo de propiciar uma aprendizagem potencialmente significativa.

Foram elaboradas algumas atividades com recursos tecnológicos, proporcionando ao aluno aulas interativas no laboratório de informática e/ou nas salas de projeções, concomitantemente com as aulas realizadas em salas convencionais, com quadro negro e giz. Nas aulas com recursos tecnológicos ocorria interação entre aluno e computador, o que instigava o estudante a formular suas hipóteses e buscar as respostas antes de verificar o resultado com uso dos aplicativos.

As atividades desenvolvidas com os alunos consistem no uso de modelagens computacionais com os programas *Modellus* e planilha eletrônica Excel. Para complementar tais atividades, foram elaborados alguns *gifs* animados, descritos nas seções 4.4.3.2.1 a 4.4.3.2.4, e utilizadas algumas animações já existentes na Internet ou em outros trabalhos de dissertações de mestrado⁹. Essas animações eram apresentadas pelo professor ou então indicadas para que fossem trabalhadas em período extraclasse, como complemento às atividades presenciais desenvolvidas nas aulas de Física.

A metodologia utilizada em cada um dos módulos seguia o mesmo roteiro: após apresentar o conteúdo em sala de aula, seguindo uma linha construtivista e crítico social dos conteúdos, e trabalhar os conceitos com uso do texto de apoio, auxílio do livro didático e de exercícios sugeridos pelo professor, os alunos eram levados ao laboratório de informática, onde trabalhavam com base no guia de atividades (Apêndice B). Em grupos de dois ou três alunos, recebiam, no primeiro momento, o guia de atividades apresentado pelo professor, que alertava sobre os cuidados necessários para a interação com os programas e, por fim, comentava-se sobre a atividade proposta, salientando o seu objetivo.

Logo após essa discussão, os alunos iniciavam as atividades, sempre em duplas ou em trios, proporcionando uma maior interação social e trocas de experiências na construção do conhecimento. Cabia ao professor o papel de mediador da atividade, explicando, separadamente para cada grupo, as dúvidas que surgiam, sem fornecer o resultado pronto. O aluno era sempre questionado, procurando-se, com isso, incentivá-lo na busca da solução aceita como cientificamente correta.

⁹ Por exemplo, a dissertação de mestrado de Leila de Jesus Gonçalves intitulada: Uso de animações visando à aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio. (GONÇALVES, 2005)

Essa etapa era concluída em classe no laboratório de informática. Para o restante das questões, era solicitado que terminassem em horário extraclasse com prazo máximo de duas semanas para aprofundar suas pesquisas e discussões com o grupo. As dúvidas que surgiam eram trabalhadas em aula mediante debate das situações propostas no guia de atividades, envolvendo todos os alunos da turma. O material trabalhado em aula era fornecido aos alunos no mesmo dia da aplicação. O material correspondente ao módulo trabalhado numa determinada aula e contido na página construída era disponibilizado no *site* da escola, sendo também enviado por correio eletrônico ou, então, era entregue em disquete ou CD-ROM para aqueles que tinham dificuldades de acessar a Internet em suas casas.

Devido à diferença existente na infra-estrutura dos laboratórios de informática das escolas onde este trabalho foi aplicado, a metodologia empregada em sua execução foi um pouco diferenciada em cada uma delas.

No Colégio São José de Murialdo, com uma turma de 47 alunos e um laboratório com dez computadores disponíveis, foi necessário separar os alunos em dois grupos. Antes da ida ao laboratório de informática, os alunos eram levados a uma sala de projeção para a introdução da atividade. Finalizado este momento, o primeiro grupo realizava as atividades no laboratório de informática e o segundo trabalhava as questões contidas na seção *Física no Cotidiano*, na sala de aula ou na biblioteca, que dispunha de dois computadores com acesso ao material. Ao final do período, os grupos trocavam de atividade.

Na Escola Maria Goretti, a proposta foi aplicada diretamente no laboratório de informática. A turma possuía 19 alunos e o local dispunha de 15 computadores e de um televisor utilizado como projetor. Em um primeiro momento, a atividade era introduzida sendo apresentada pelo professor através da TV. Logo depois, os alunos davam seqüência ao trabalho, durante duas horas-aula consecutivas. O professor tinha o mesmo papel de mediador descrito anteriormente, e os alunos tinham um prazo máximo de duas semanas para concluir e entregar as questões do guia de atividades. Após a entrega, era realizado um debate entre todos os alunos da turma.

O Colégio Santa Inês, com 116 alunos nas turmas de segundo ano, possui dois laboratórios de informática com 20 computadores e um projetor *Data Show* em cada um deles, além de duas salas específicas para projeções. Nesta escola, devido à menor carga

horária semanal das turmas de segundo ano¹⁰ (2 períodos) o desenvolvimento dos assuntos se deu de forma mais compacta. Neste caso, a aplicação foi feita em uma hora-aula no laboratório de informática e o restante do trabalho teve de ser realizado em horário extraclasse, dentro ou fora das dependências do colégio, conforme a disponibilidade dos alunos. Muitas comunicações e discussões foram realizadas entre os alunos e o professor via correio eletrônico, em grupos separados por turma. Sempre ao final de cada aula e durante duas semanas, eram realizadas discussões do grande grupo acerca do trabalho desenvolvido até a sua entrega.

Nas três escolas, os conteúdos abordados foram expressos na seqüência apresentada na seção 4.2, contemplando a formação de conceitos sobre temperatura e calor. Também foram exploradas aplicações e conseqüências relativas a outros temas relevantes na Física Térmica, como relações entre escalas de temperatura, dilatação térmica, capacidade térmica, calor específico, trocas de calor, estudo dos gases e termodinâmica. A cada novo conceito trabalhado foram feitas relações com temas estudados anteriormente, proporcionando a ligação entre um novo conceito e um subsunçor que o aluno já possuía.

Na avaliação do aluno, foram observados o comportamento durante as aulas, a participação e o envolvimento com o trabalho proposto. Como parte da avaliação quantitativa, foi considerada a entrega dos guias de cada atividade com as respostas das questões e a participação nos debates com comentários pertinentes. Após o desenvolvimento de um ou mais módulos didáticos, era realizada uma avaliação formal individual (teste ou prova), exigida pelo plano pedagógico das escolas, que recomenda avaliações envolvendo conteúdos parciais.

No final da proposta, após trabalharem com o último módulo didático, foram aplicados o pós-teste e um questionário de opinião. Os resultados apresentados no pré e no pós-teste foram analisados e são descritos na seção 5.2.1. O questionário de opinião aplicado teve por objetivo fazer um levantamento sobre a utilização de novas tecnologias e sua aplicabilidade no ensino, bem como verificar a aceitação da proposta pelos alunos. Este questionário, descrito na seção 5.2.2, contém 20 questões de múltipla escolha e um espaço para comentários, sugestões e observações. Foi solicitado aos alunos o máximo de seriedade e atenção para responder, individualmente, o pós-teste e o questionário. Também foi expresso

¹⁰ No turno inverso, os alunos desta escola têm aulas específicas de laboratório das disciplinas de Física, Química, Biologia e de Redação.

claramente que os resultados apresentados no pós-teste e no questionário não iriam fazer parte da avaliação bimestral ou trimestral.

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir das aplicações do pré-teste e do pós-teste. Também são analisadas as respostas dos alunos referentes ao questionário de opinião aplicado.

5.2.1 Comparação dos resultados do pré e do pós-teste

Os resultados que serão apresentados nesta seção referem-se à aplicação de um teste de múltipla escolha com o intuito de verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre Física Térmica. Este teste foi aplicado em duas situações: no primeiro dia de aula, como um pré-teste, e ao final da aplicação desta proposta de ensino, na forma de um pós-teste, contendo as mesmas questões aplicadas anteriormente.

Da aplicação do pré-teste participaram 160 alunos e do pós-teste, 179 alunos¹¹, considerando-se os alunos das seis turmas das três escolas que fizeram parte do projeto. Deve-se considerar ainda que no primeiro dia de aula, dia da aplicação do pré-teste, nem todos os alunos estavam presentes, mas participaram das atividades desenvolvidas posteriormente. Foram analisadas dezesseis questões com três alternativas cada, totalizando 48 itens verificados. O aluno deveria responder verdadeiro ou falso para cada uma das alternativas. A partir das respostas, pôde-se analisar o seu pensamento sobre as situações abordadas. A análise dos dados foi feita com ajuda do programa Excel, colocando-se “1” para alternativa respondida de forma correta e “0”, para aquelas respondidas de forma incorreta.

A partir dos resultados apresentados no pré e no pós-teste, foi realizada uma análise de consistência interna através da determinação do coeficiente alfa de Cronbach (MOREIRA; SILVEIRA, 1993, p. 89-93). 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.

¹¹ Três alunos entraram no decorrer do ano e não responderam ao pré-teste nem ao pós-teste.

A Figura 5.4 representa um gráfico de *barra de erros* para os escores totais médios no pré-teste e pós-teste. As barras se estendem em torno da média por um desvio padrão desta (erro ou incerteza do valor médio). O desvio padrão da média está relacionado ao desvio padrão do escore total, tal que:

$$\text{desvio_padr\~ao_da_m\~edia} = \frac{\text{desvio_padr\~ao_do_escore_total}}{\sqrt{N}}, \text{ em que } N \text{ representa a}$$

população observada: 160 alunos no pré-teste e 179 alunos no pós-teste.

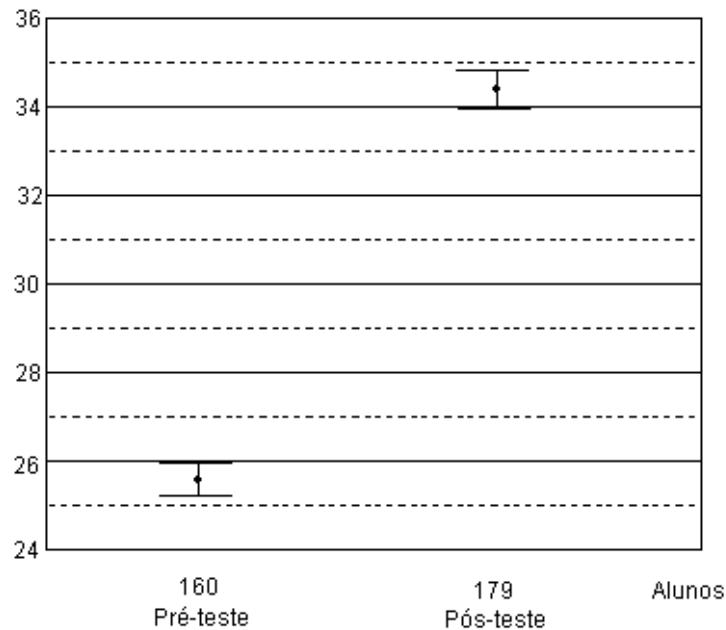


Figura 5.4: Gráfico de barra de erros para os escores totais médios no pré e no pós-teste.

Na Tabela 5.1, são mostradas algumas características dos resultados: o escore total, assim como o resultado do coeficiente alfa de Cronbach no pré e no pós-teste. Para que os valores possam ser considerados satisfatórios, o valor de alfa de Cronbach deve estar em torno de 0,7. No pós-teste, o valor de α obtido foi de 0,76 e, no pré-teste, de 0,46.

Tabela 5.1: Dados referentes à análise de consistência interna dos resultados apresentados no pré e no pós-teste.

| | Pré-teste | Pós-teste |
|---|-----------|-----------|
| População observada | 160 | 179 |
| Média do escore total | 25,63 | 34,33 |
| Desvio padrão do escore total | 4,55 | 6,03 |
| Coeficiente de fidedignidade do escore total (Coeficiente alfa de Cronbach) | 0,46 | 0,76 |

Como as grades de respostas dos testes, embora tenham sido separadas por turmas, não continham a identificação dos alunos e, ainda, alguns alunos entraram nas turmas das três escolas ao longo da aplicação da proposta, não se pôde identificar quem havia participado do pós-teste sem ter realizado o pré-teste. Por este motivo, não foi realizado o teste de significância estatística “teste t Student para amostras relacionadas”, que permitiria avaliar se as diferenças observadas entre os dois grupos são reais ou meramente justificadas por fatores casuais. Procedeu-se, então, o "teste t de Student para duas amostras independentes". O valor¹² da "razão t" resultou em 15,01, o que permite rejeitar a hipótese de igualdade das duas médias no nível de significância $p=0,00$.

Abaixo, são apresentados gráficos de colunas, comparando as respostas dos alunos no pré-teste e no pós-teste, sendo consideradas as três afirmativas de cada questão (Figuras 5.5 a 5.20). Através da comparação das respostas, pôde-se verificar que houve um aprimoramento na aprendizagem. Os gráficos mostram os acertos dos alunos para cada uma das três afirmativas.

Para facilitar a 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.

¹² O procedimento para se obter o nível de significância estatística é através da "razão t de Student". Esta razão é a diferença entre as duas médias dividida pelo erro padrão da diferença. Portanto, a "razão t" é uma diferença entre as médias, expressa em unidades do erro padrão. A diferença entre médias brutas não é diretamente interpretável, pois, entre outras razões, depende do sistema de unidades de medida utilizado na medida da variável investigada (nesse caso a variável é o número de acertos em um teste de conteúdo de Física). A "razão t" é adimensional. Sobre a razão t de Student, sabe-se que a sua distribuição de probabilidade é aproximadamente normal ou gaussiana (mesmo que a variável bruta tenha distribuição não-normal), o que permite se calcular, a partir do valor de t, o nível de significância estatística para a diferença entre as duas médias. Então, valores de t maiores do que 2 têm probabilidade de ocorrência por acaso menor do que 5% e maiores do que 3 têm probabilidade de ocorrência inferior a 1%. Como, nesse caso, com o resultado $t = 15$, sabe-se que a probabilidade de ocorrência por acaso para a diferença entre as duas médias é muito menor do que 1% (a probabilidade é virtualmente nula). (SILVEIRA, F. L. da. *Teste t de Student*. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <rejane@if.ufrgs.br> em 11 out. 2007.)

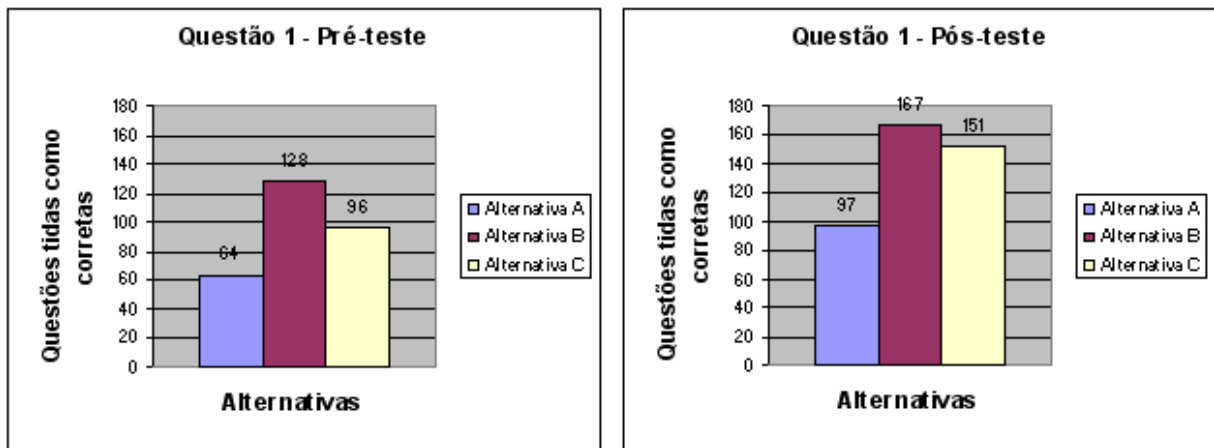


Figura 5.5: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 1 no pré e no pós-teste.

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”.

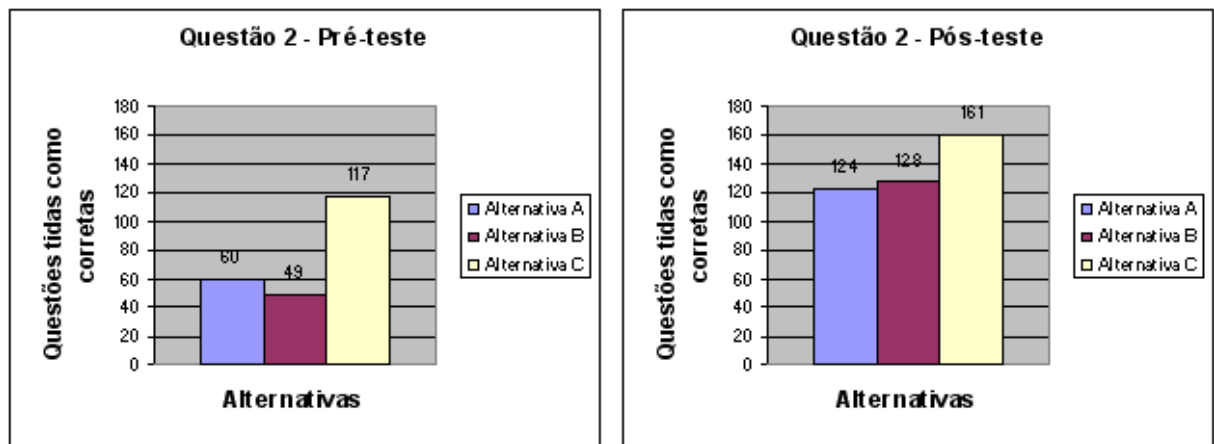


Figura 5.6: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 2 no pré e no pós-teste.

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.

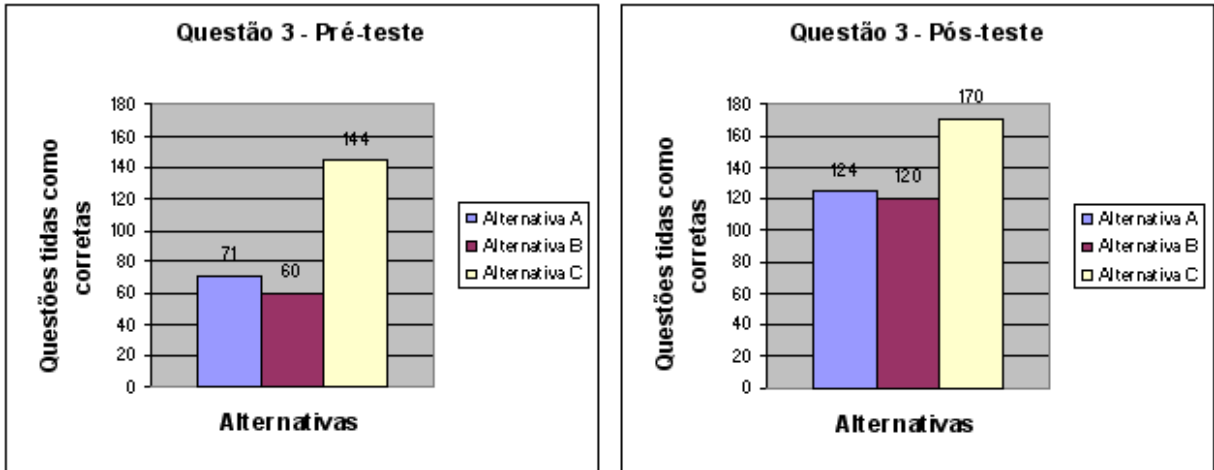


Figura 5.7: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 3 no pré e no pós-teste.

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.

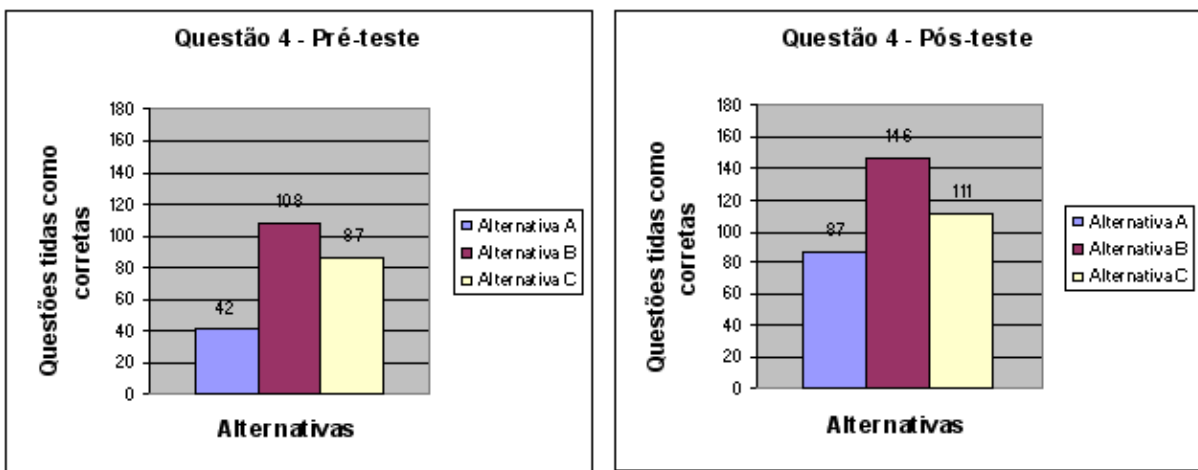


Figura 5.8: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 4 no pré e no pós-teste.

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.

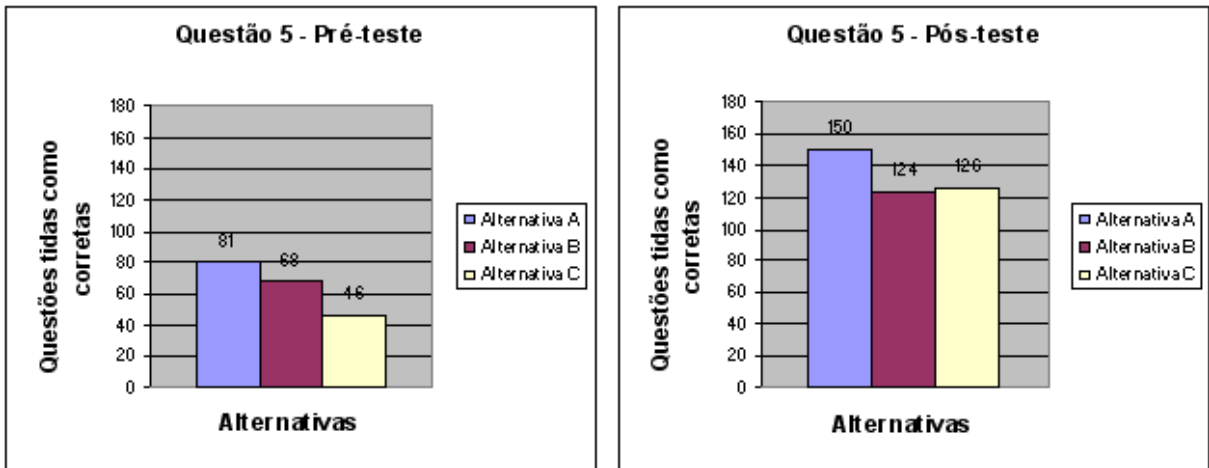


Figura 5.9: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 5 no pré e no pós-teste.

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.
- as temperaturas dos dois corpos são iguais.

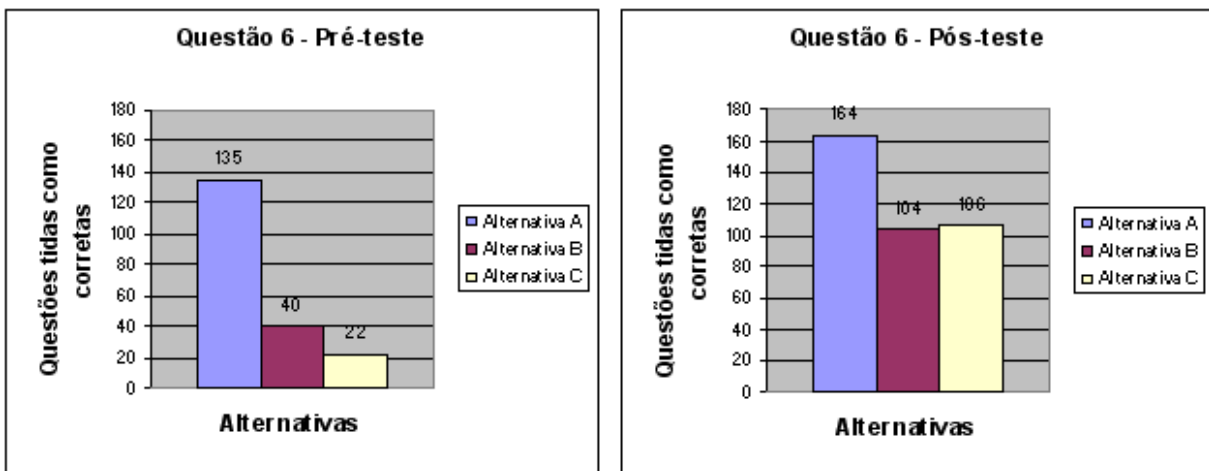


Figura 5.10: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 6 no pré e no pós-teste.

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.

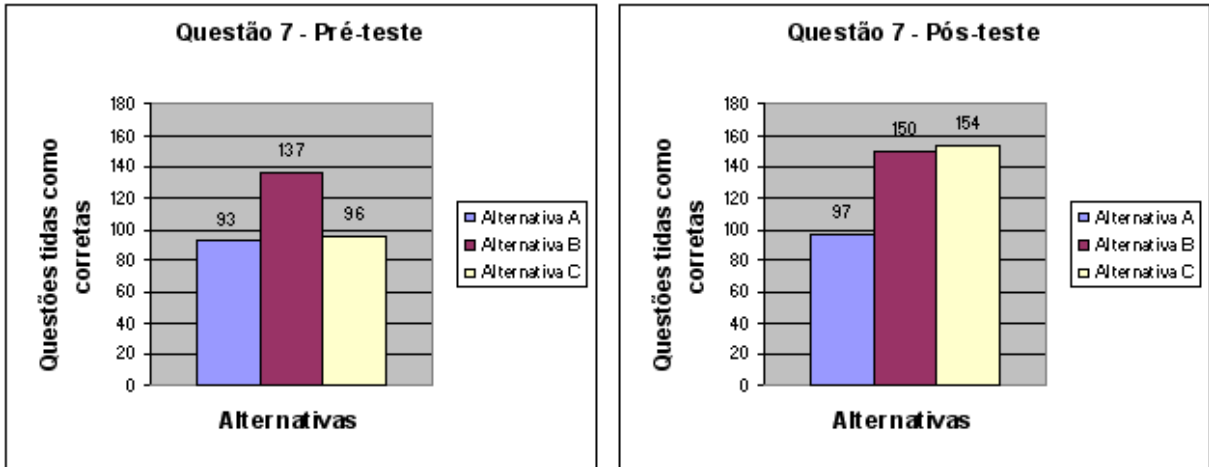


Figura 5.11: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 7 no pré e no pós-teste.

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.

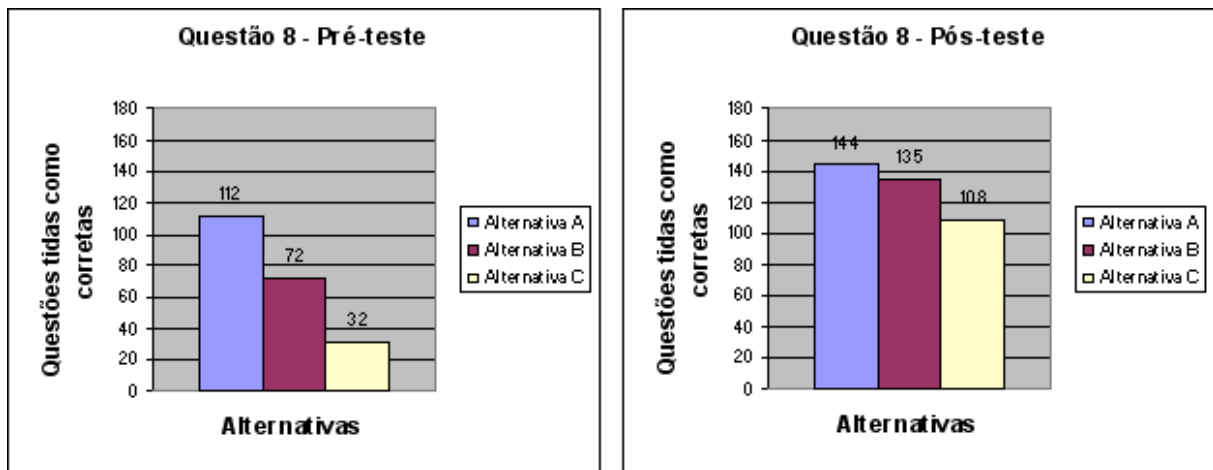


Figura 5.12: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 8 no pré e no pós-teste.

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.

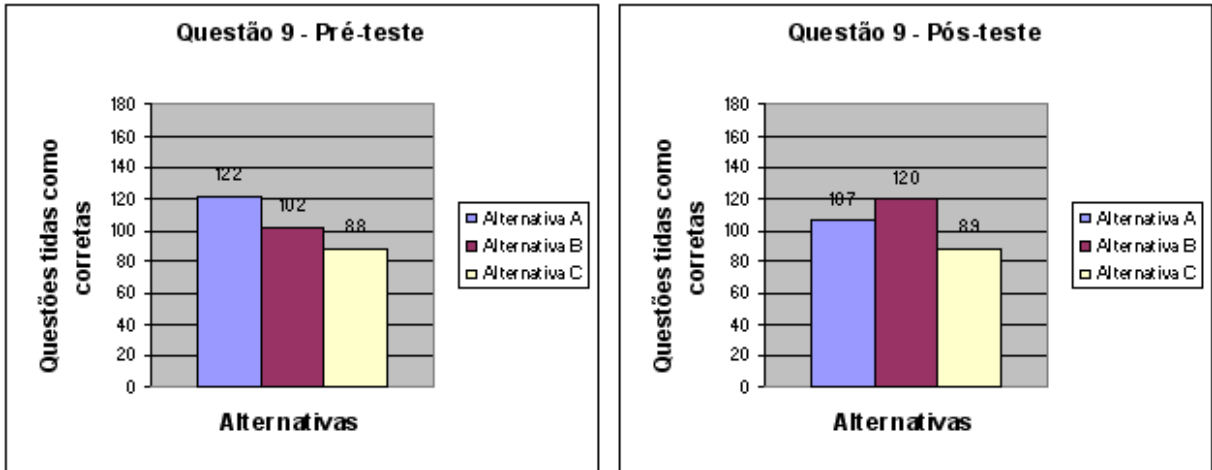


Figura 5.13: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 9 no pré e no pós-teste.

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.

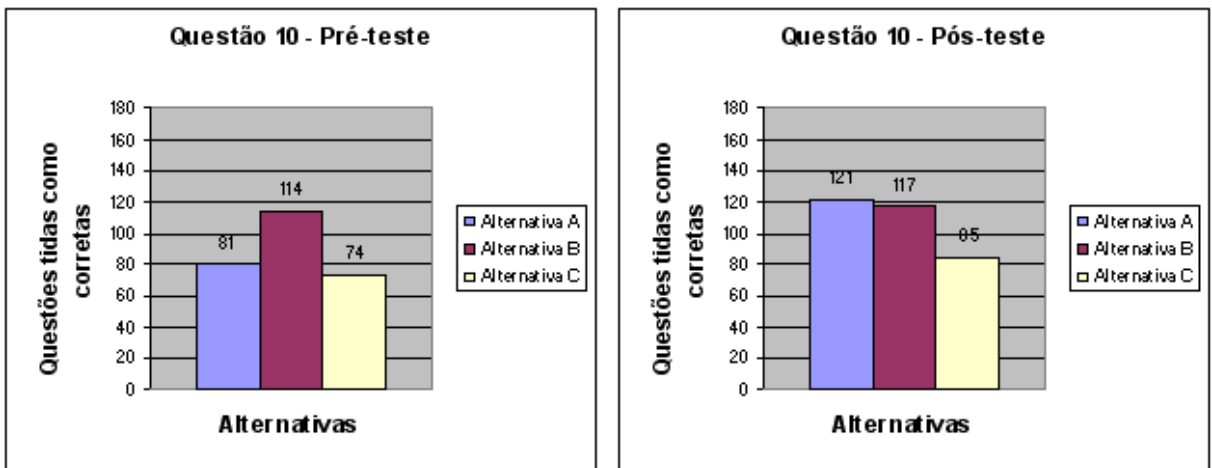


Figura 5.14: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 10 no pré e no pós-teste.

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 de a água ter entrado em ebulição, continuando sobre a chama, a sua temperatura é:

- superior a 100°C .

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

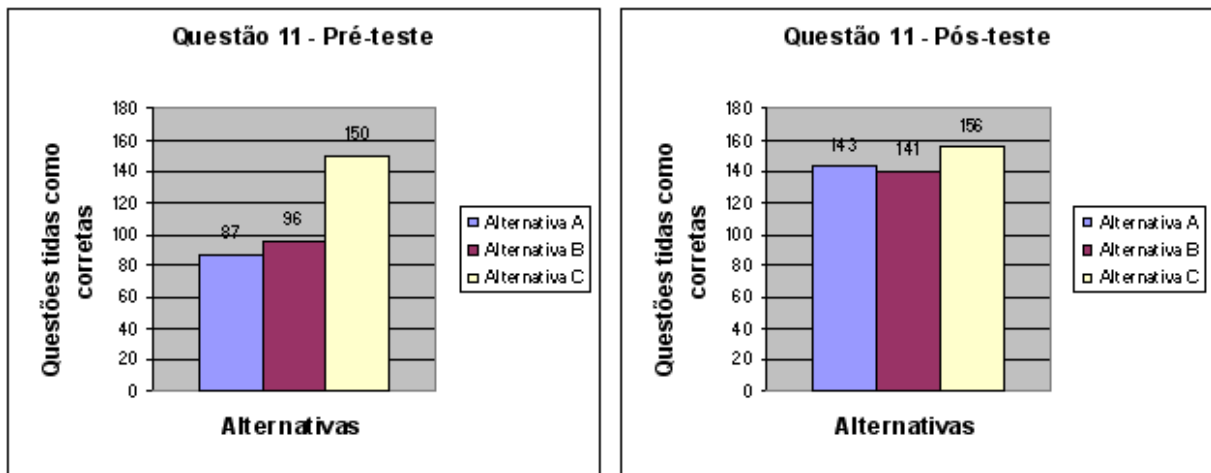


Figura 5.15: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 11 no pré e no pós-teste.

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.

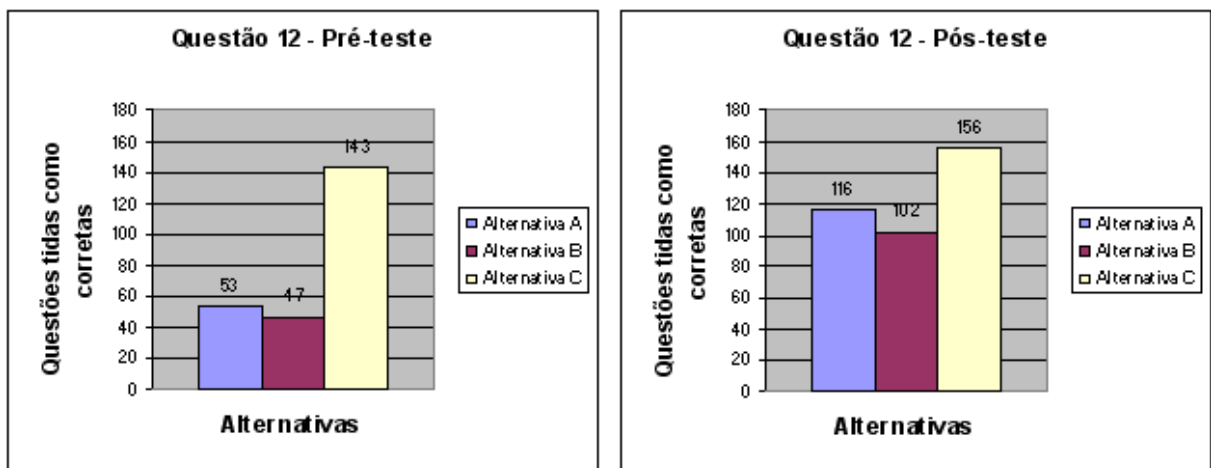


Figura 5.16: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 12 no pré e no pós-teste.

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.

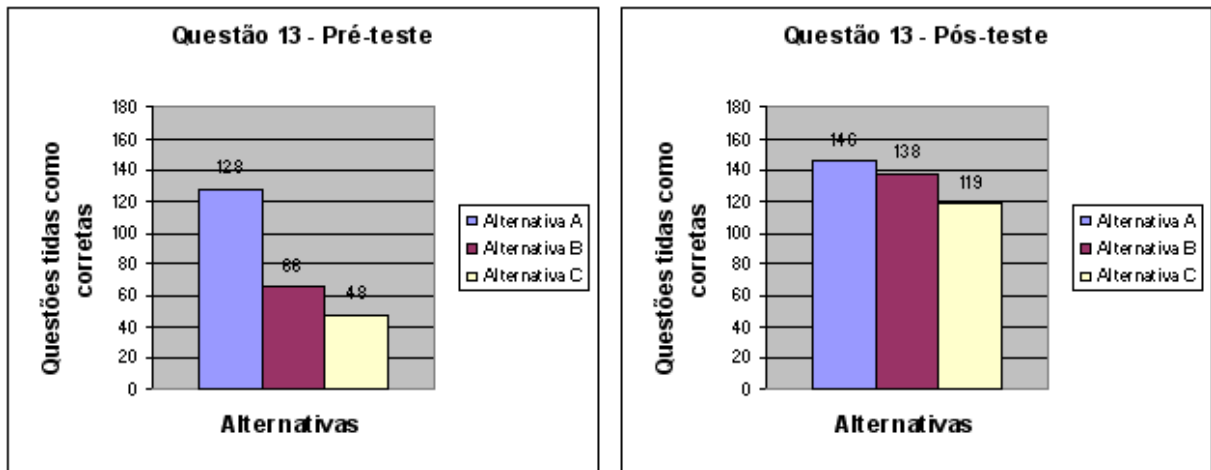


Figura 5.17: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 13 no pré e no pós-teste.

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.

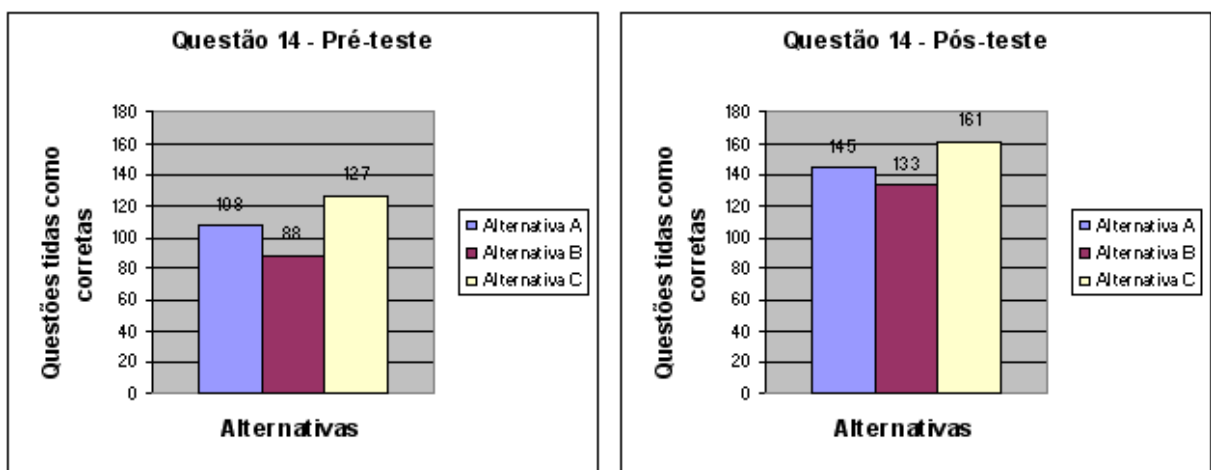


Figura 5.18: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 14 no pré e no pós-teste.

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.

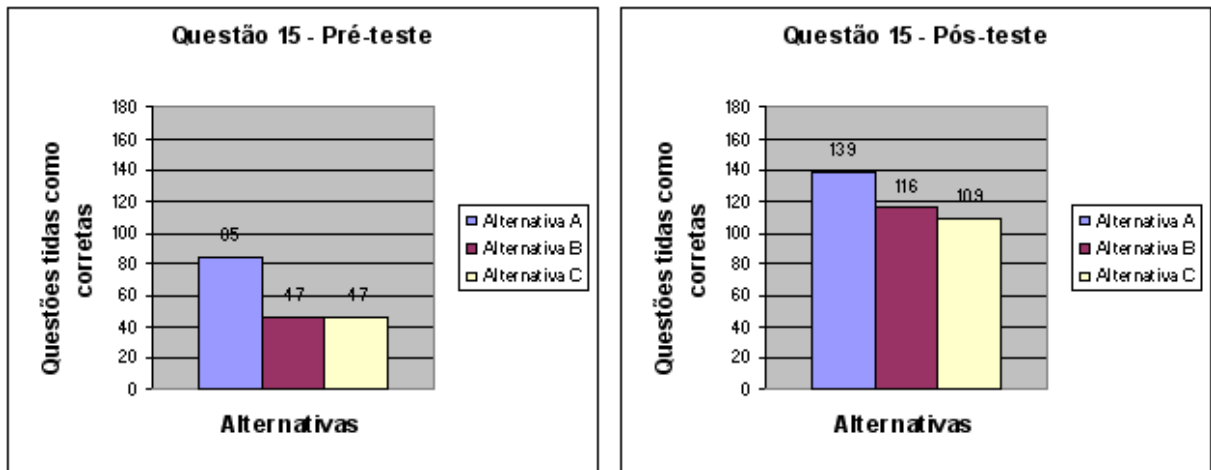


Figura 5.19: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 15 no pré e no pós-teste.

16. Em um recipiente A misturam-se 40 ml de água a 10°C com 40 ml de água a 30°C e, em outro recipiente B, misturam-se 40 ml de água a 80°C com 40 ml de água a 90°C. Analisando 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.

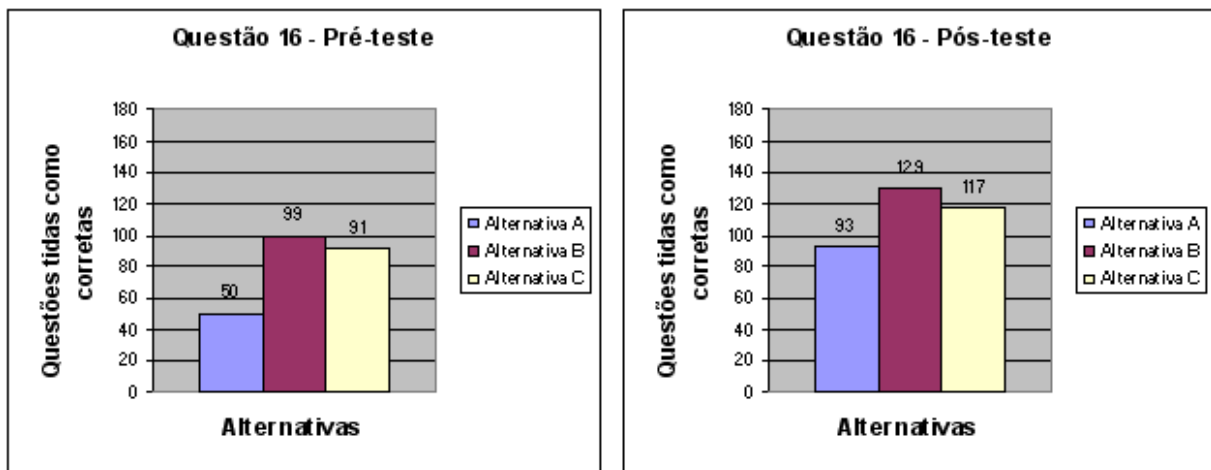


Figura 5.20: Citações tidas como corretas para cada alternativa da questão 16 no pré e no pós-teste.

Através do registro das respostas apresentado nos gráficos de colunas, mostrados nas Figuras 5.5 a 5.20, pôde-se verificar que, no pós-teste, em praticamente todas as questões, houve um aumento na escolha da alternativa cientificamente correta. Acredita-se que este fato pode ser associado a uma melhora no aprendizado. Pôde-se notar também que, em várias questões, houve redução do percentual de alunos que marcaram a alternativa cientificamente incorreta.

Notou-se que alguns alunos não apresentaram progresso na formação cientificamente correta de conceitos, pois em sua mente conceitos ambíguos foram registrados como sendo corretos. Outro fator que pode ter contribuído para levá-los a marcar respostas cientificamente incorretas foi a falta do poder de crítica e de raciocínio de alguns deles, associada à falta de interesse ao responder o questionário, apesar das explicações sobre o objetivo e a importância de suas respostas para o desenvolvimento do projeto que estava sendo aplicado.

5.2.2 Análise dos resultados apresentados no questionário de opinião

Após a conclusão das atividades programadas para a execução deste projeto, foi aplicado aos alunos das três escolas um questionário de opinião, no qual um dos objetivos foi analisar a aceitação das atividades propostas¹³.

O questionário (Apêndice A) contém 20 questões com 63 itens para análise. Os alunos marcavam com “X” a(s) alternativa(s) mais condizente(s) com sua opinião ou seu saber. Os seguintes gráficos de colunas expressam as respostas dos alunos para cada questão.

1. Você sabe usar computador para:

- (a) Navegar na Internet.
- (b) Fazer uma pesquisa pela Internet.
- (c) Editar textos (p. ex., usando o Word).
- (d) Usar planilha eletrônica (p. ex., usando o Excel).
- (e) Enviar e receber email.
- (f) Fazer um *site* (p. ex., usando o Front Page).
- (g) Jogar virtualmente.

¹³Um total de 182 alunos responderam a este questionário, dos quais três entraram na escola durante a aplicação do projeto e não participaram como respondentes do pré-teste nem do pós-teste.

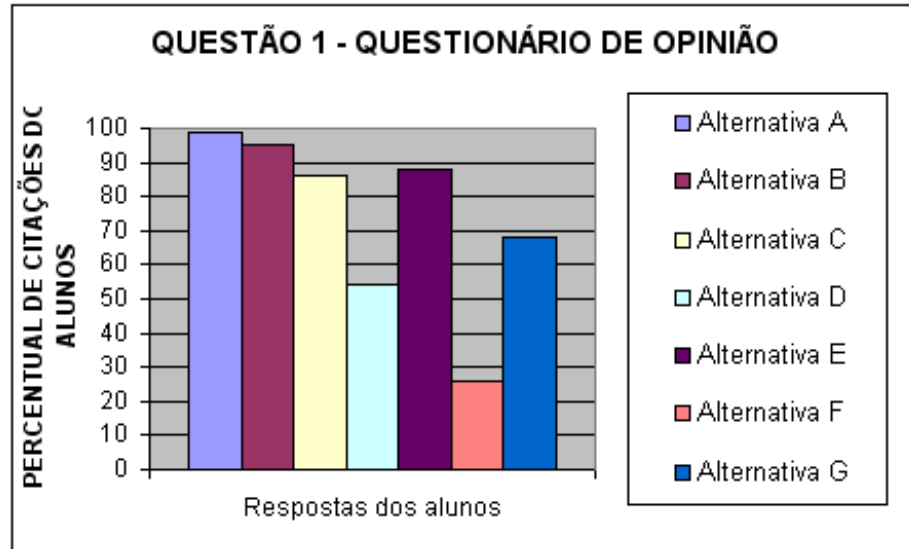


Figura 5.21: Percentual de citações para cada alternativa da questão 1 do questionário de opinião.

2. Você possui computador em casa com acesso a Internet

- (a) sim. (b) não.

3. Em sua residência, você usa computador para acessar Internet?

- (a) sim. (b) não.

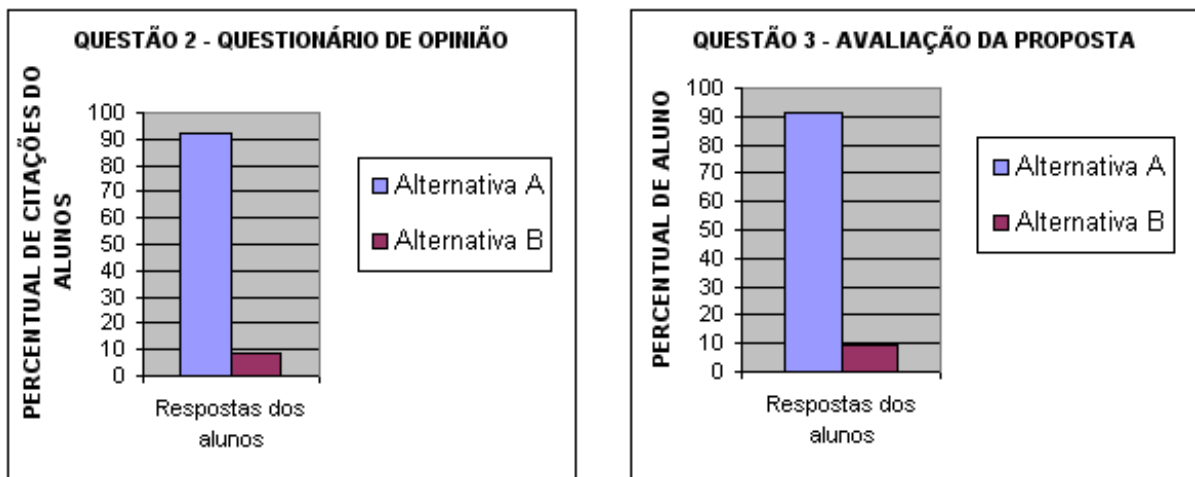


Figura 5.22: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 2 (à esquerda) e questão 3 (à direita).

4. Você tem acesso a Internet sem ser em sua residência?

- (a) na escola. (b) residência de parentes/amigos. (c) outros: _____

5. Você costuma navegar na Internet com que frequência?

- (a) diariamente. (b) fim de semana. (c) eventualmente.

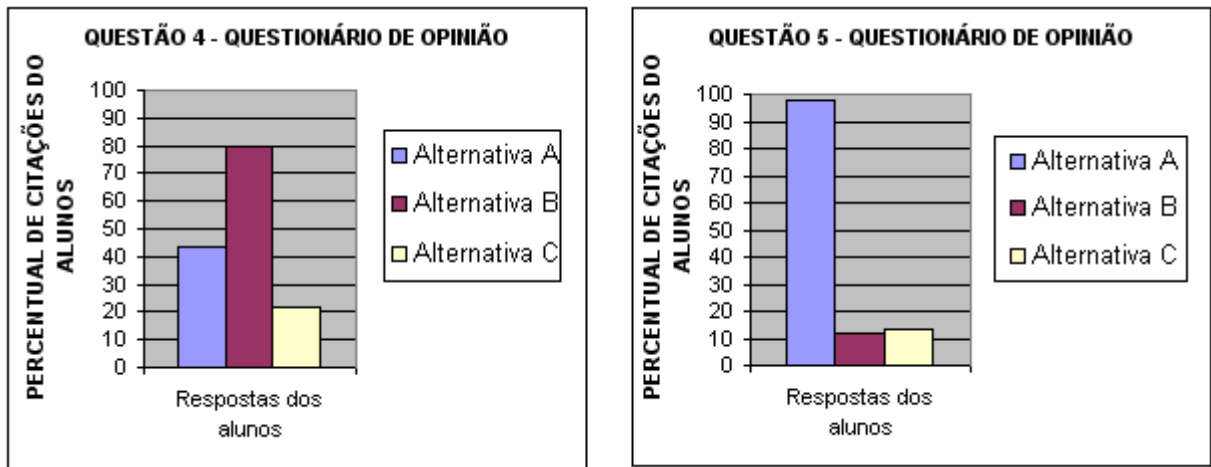


Figura 5.23: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 4 (à esquerda) e questão 5 (à direita).

6. Você já teve, em anos anteriores, alguma aula de Física no laboratório de Informática?

- (a) sim. (b) não.

7. Na escola você já utilizou alguma animação gráfica para aprender Física?

- (a) sim. (b) não.

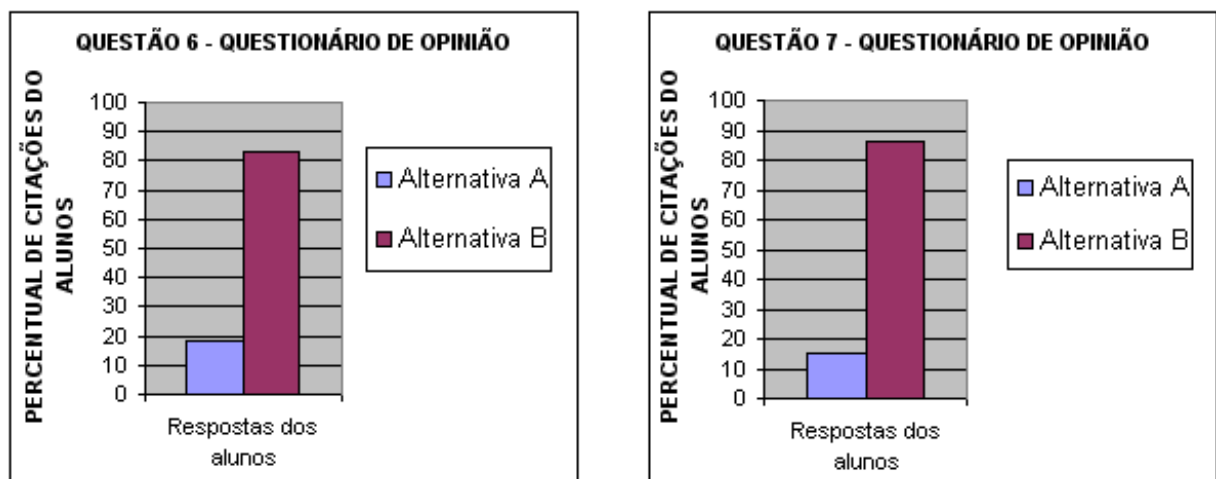


Figura 5.24: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 6 (à esquerda) e questão 7 (à direita).

8. Você gostou de ter usado o computador para aprender sobre Física Térmica?

- (a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

9. Você acha importante utilizar softwares para o aprendizado de Física?

- (a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

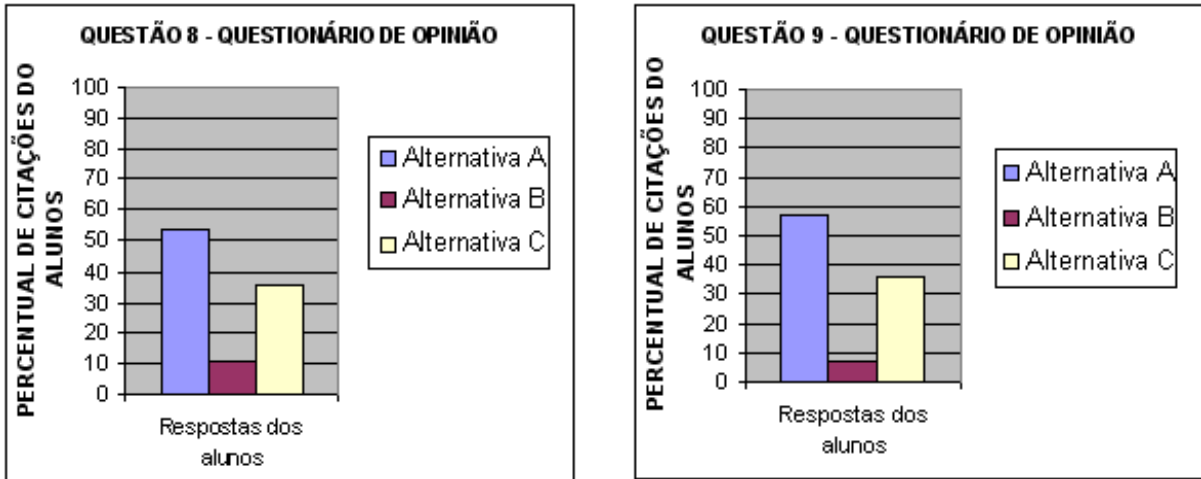


Figura 5.25: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 8 (à esquerda) e questão 9 (à direita).

10. Você gosta de ter aulas de Física no laboratório de informática?

- (a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

11. O uso da informática nas aulas de Física é estimulante para a aprendizagem?

- (a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

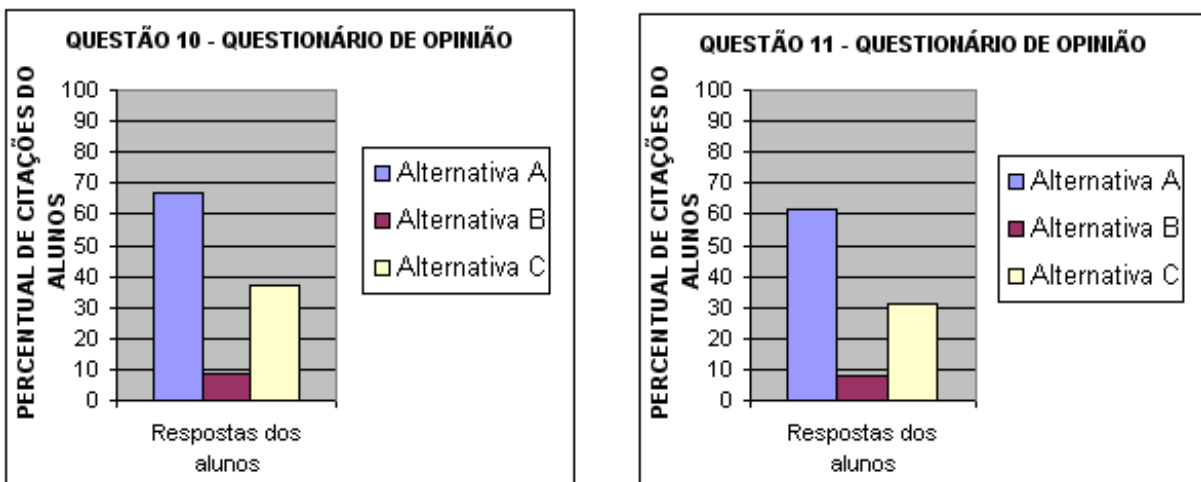


Figura 5.26: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 10 (à esquerda) e questão 11 (à direita).

12. Você prefere aprender Física através de:

- (a) aulas expositivas.
(b) com softwares na informática.

(c) experimentos em laboratório.

13. Você gostou de utilizar o programa *Modellus*?

(a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

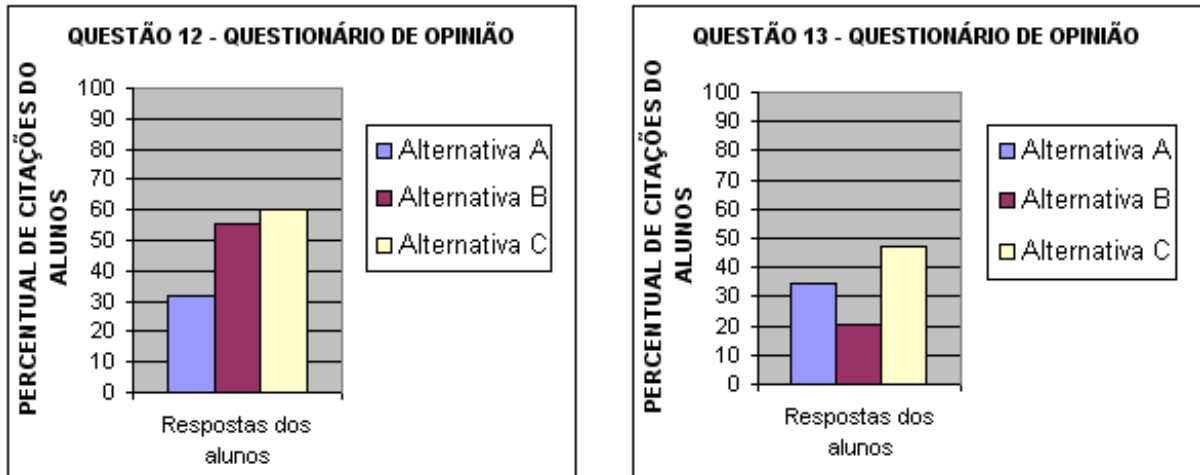


Figura 5.27: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 12 (à esquerda) e questão 13 (à direita).

14. Você teve dificuldades em utilizar o programa *Modellus*?

(a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

15. O que você menos gostou nas atividades da informática?

(a) das questões a serem respondidas.

(b) do uso do programa.

(c) gostei de tudo.

(d) outros: _____

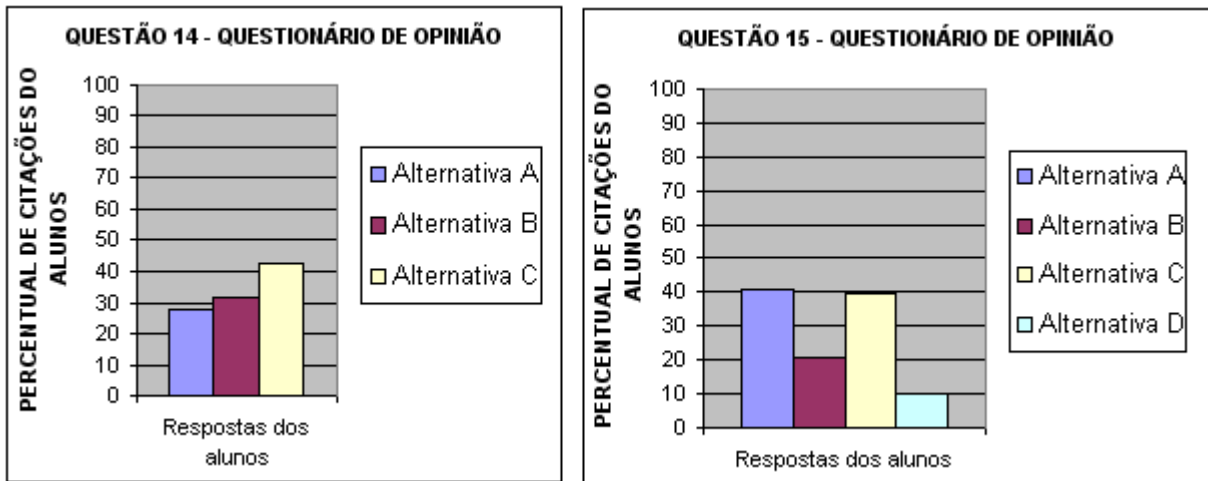


Figura 5.28: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 14 (à esquerda) e questão 15 (à direita).

16. Você acha importante trabalhar com modelagens computacionais nas aulas de Física?

- (a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

17. Você percebe alguma relação entre as questões exploradas e o vestibular?

- (a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

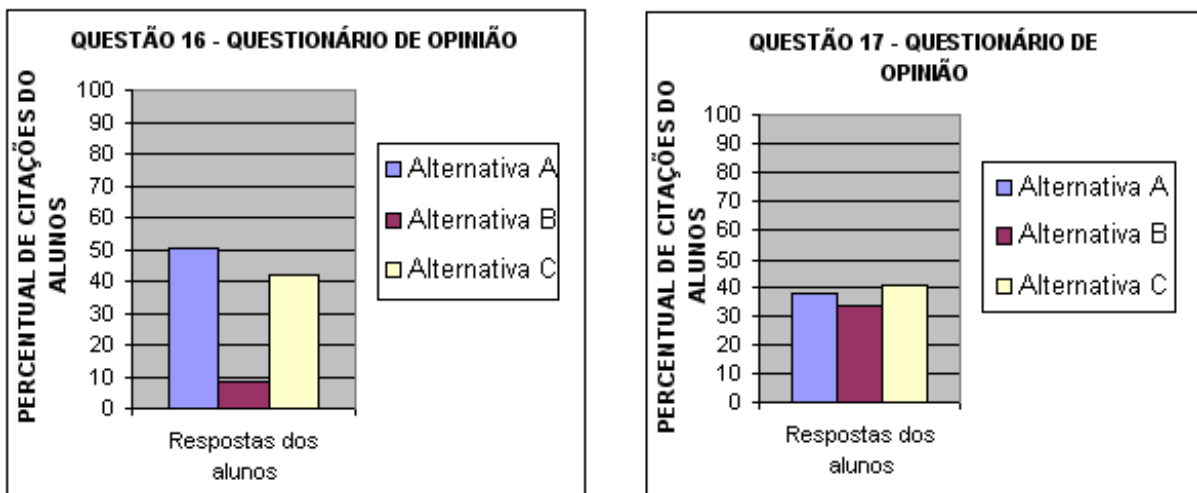


Figura 5.29: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 14 (à esquerda) e questão 15 (à direita).

18. Você acredita que as animações facilitaram a compreensão dos fenômenos físicos?

- (a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

19. As atividades da informática facilitaram compreensão de análises gráficas e relações entre grandezas?

- (a) sim. (b) não. (c) mais ou menos.

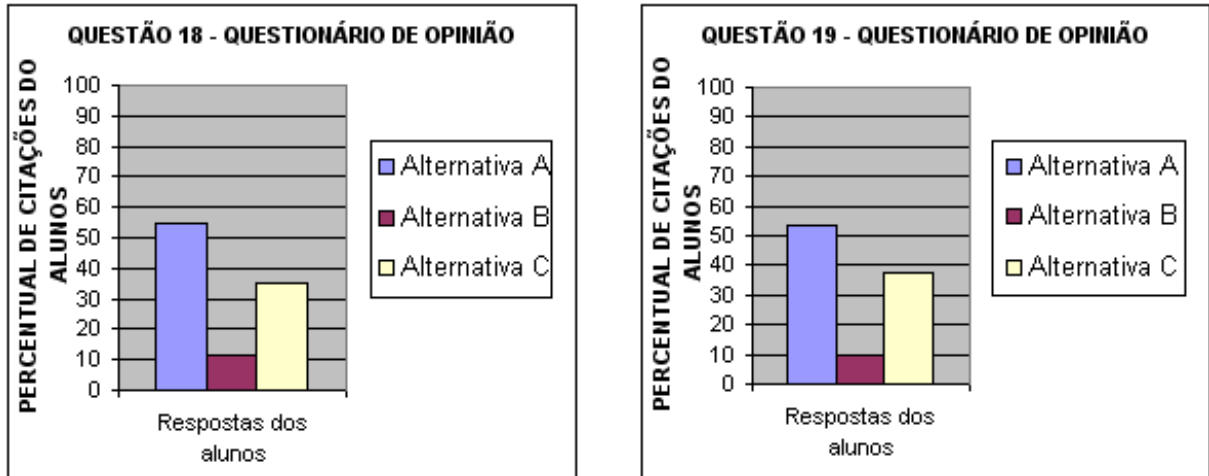


Figura 5.30: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião: questão 18 (à esquerda) e questão 19 (à direita).

20. Dos tópicos trabalhados o que você mais gostou?

- (a) escalas.
 (b) dilatação.
 (c) calorimetria.
 (d) gases.
 (e) termodinâmica.

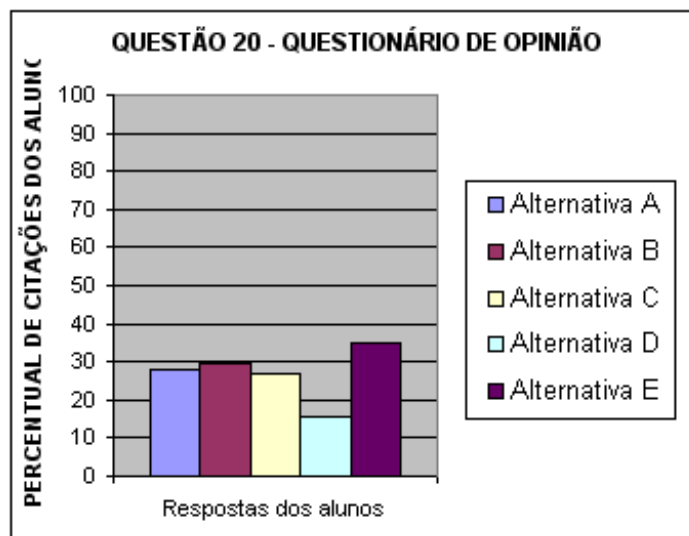


Figura 5.31: Percentual de citações para cada alternativa do questionário de opinião referente à questão 20.

O uso do computador como ferramenta auxiliar em atividades escolares se faz presente nas respostas de praticamente todos os alunos. Conforme o questionário aplicado, pôde-se observar que 98,9% dos respondentes usa computador para navegar e 95% utiliza para realizar pesquisas na Internet. No entanto, de todos os alunos que responderam o questionário nas três escolas, foi verificado que apenas 1,1% ainda não possui conhecimentos de informática, o que os levou a ter mais dificuldades nas atividades propostas e, como consequência, diminuiu sua motivação para a realização do trabalho.

A partir das respostas da questão 1 (Figura 5.21), percebe-se que os alunos possuem facilidade em usar o computador para navegar e realizar pesquisas na Internet, trabalhar com editores de texto e se comunicar virtualmente, mas grande parte deles respondeu ter dificuldade em trabalhar com planilha eletrônica e, uma maior parte, na construção de páginas da *Web* ou hipertextos no formato *HTML*.

Também foi verificado se houve contato dos alunos com tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física em anos anteriores. Em duas das três escolas em que foi aplicado este projeto, os alunos responderam que não haviam tido contato com tecnologias computacionais em aulas com outros professores de Física. Os alunos da Escola Maria Goretti já haviam usado tecnologias computacionais em projetos desenvolvidos na disciplina de Física, na 1ª série do Ensino Médio pelo professor e autor deste trabalho.

Uma terceira abordagem de análise desse questionário tinha por objetivos verificar o grau de satisfação dos alunos na utilização de recursos computacionais no ensino de Física e verificar sua importância no processo ensino-aprendizagem. Dos 182 respondentes, aproximadamente 54% gostou de utilizar computador para trabalhar assuntos de Física Térmica. Pouco mais de 57% acha importante utilizar *softwares* como ferramenta auxiliar para o aprendizado. Um bom percentual de alunos gostou de utilizar recursos de informática nas aulas de Física e considera-os estimulantes para o ensino.

Com relação ao tipo de aula que preferem, mais da metade dos alunos marcou aulas experimentais em laboratório de informática, com uso de *softwares*. Porém, 30% dos alunos ainda mostram gostar de aulas expositivas, com recursos de quadro negro e giz, sendo que 13,7% destes preferem somente aulas expositivas.

Foi verificado também que muitos dos alunos tiveram dificuldades em trabalhar com o programa *Modellus* por ser um programa novo e por desconhecerem seu uso, fato que pode vir a ser desestimulante para o aprendizado. Quando foram questionados sobre o que menos

gostaram nas atividades, o maior percentual de respostas (em torno de 40%) concentrou-se no fato de terem de responder às questões propostas. Muitos alunos comentaram que as aulas no laboratório de informática eram muito interessantes, assim como as atividades e discussões desenvolvidas em grupo. Porém citaram que o guia de atividades com questões a serem entregues gerava, para eles, muito trabalho, além do fato de saberem que as respostas fariam parte da sua avaliação na disciplina.

Pôde-se constatar, através das respostas mencionadas nas questões 18 e 19 deste questionário, que em média 54% dos alunos afirmou que as atividades com animações gráficas facilitam a compreensão dos fenômenos físicos, bem como a análise de gráficos e de relações entre grandezas.

Ao final do questionário, foi deixado um espaço para que expressassem seus comentários acerca do projeto. A maioria dos alunos não teceu comentários, outros comentaram: *Nada a declarar* ou *tudo bem* ou, ainda, *OK*. Apenas alguns alunos preencheram este campo, suas considerações são transcritas, abaixo, de acordo com seu próprio linguajar:

Aluno 1: *Foi muito bom, aprendi um monte, mas queria mais aulas práticas com recursos de materiais de física além do Modellus. E as aulas foram muito boas, com bastante exercícios.*

Aluno 2: *Acho que o uso da informática é boa para uma diversificação das aulas.*

Aluno 3: *As aulas da informática foram muito boas, aprendi bastante. Tudo está bom, tirando minha nota.*

Aluno 4: *Gostei de trabalhar na informática, mas prefiro aulas expositivas.*

Aluno 5: *As aulas são muito legais. Espero ter sempre aulas na informática e aulas diversificadas.*

Aluno 6: *Gosto das aulas de física e o professor é supimpa.*

Aluno 7: *Sem muitos comentários. As atividades foram boas e bem produtivas.*

Aluno 8: *Eu achei bem legal usar o computador para trabalhar com a física (só que os computadores do colégio não ajudaram muito mas foi bem legal) só que a única coisa que eu achei complicado foi usar o programa (não entendi direito).*

Aluno 9: *Gostei das aulas, com a informática.*

Aluno 10: *As aulas de física na informática foram estimulantes no aprendizado por ser algo diferente, que nos prende a atenção, e como nunca fizemos, ficamos curiosos em aprender, e acho que poderíamos ter mais aulas.*

Aluno 11: *Acho que foi uma aula que todo mundo aproveitou bastante, pois na informática todos se agilizavam a resolver e aprender os exercícios, sem contar que a turma era dividida e ficava mais fácil.*

Aluno 12: *Foi bem aproveitada a idéia da aula no laboratório de informática. Conseguimos aprender e entender melhor o conteúdo. Sugestão: temos que continuar indo lá.*

Aluno 13: *Acho que as aulas poderiam ser mais práticas e menos teóricas. Fora isso o professor é muito bom e legal.*

Aluno 14: *Poderíamos ter mais tempo na informática.*

Aluno 15: *As aulas são bem legais. Deveríamos ir mais vezes no laboratório.*

Aluno 16: *Eu acho importante trabalhar física na informática, mas por outro lado, eu não gosto de utilizar o programa porque acho muito complicado.*

Aluno 17: *Acho que o programa Modellus deveria ser utilizado em outras áreas da física.*

Aluno 18: *Achei ótimo e queria mais aulas na informática.*

Aluno 19: *Parabéns pelas aulas.*

Aluno 20: *Deveríamos ter mais aulas na informática, pois temos pouco tempo para tirar dúvidas.*

Aluno 21: *Apesar das minhas respostas, as aulas na informática são boas para mudar um pouco de ambiente e quebrar a rotina das aulas.*

Aluno 22: *Nós deveríamos ter mais aulas em laboratórios, fazendo mais relatórios das aulas dadas.*

A partir da análise dos resultados do questionário de opinião, percebe-se que o uso de recursos computacionais como complemento ao ensino de Física ainda é incipiente e são necessários maior pesquisa e aprimoramento dos professores para que as aulas de Física tornem-se mais atraentes para os alunos.

A fim de aprofundar essas reflexões, são apresentadas, no Capítulo 6, as considerações finais do trabalho.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral, o ensino de Física no Brasil enfrenta sérios problemas, muitas vezes por despreparo dos profissionais de ensino; outras, devido à escassez de recursos físicos, tanto no uso de materiais de laboratórios, quanto na inclusão de novas tecnologias como recurso didático. Cabe ao professor, portanto, buscar recursos que supram tais precariedades.

A incorporação de novas tecnologias no ensino de Física através de recursos computacionais é uma alternativa para sua melhoria, pois proporciona benefícios ao trabalho pedagógico por despertar o interesse do aluno para inovações tecnológicas e facilitar a compreensão dos fenômenos físicos, constituindo-se assim em um instrumento de motivação do processo ensino-aprendizagem.

O uso de tecnologias computacionais no ensino de Física na Escola Básica torna a aprendizagem mais dinâmica e, quando trabalhado de uma forma lúdica, atrai a atenção do aluno para a observação do fenômeno físico abordado promovendo a interação. Isso ajuda a desenvolver o espírito crítico e investigativo do estudante. Espera-se que o contato do aluno, através de modelagens e simulações de um sistema físico, com as grandezas físicas e suas relações possa servir como um instrumento facilitador na aquisição do conhecimento e na formação de conceitos cientificamente corretos.

A aplicação do projeto se deu em seis turmas do segundo ano do Ensino Médio de três escolas particulares de Porto Alegre: Colégio São José de Murialdo, Escola Maria Goretti e Colégio Santa Inês e contou com a participação de 182 alunos, cuja faixa etária varia entre 15 e 17 anos. O projeto foi aplicado no período de março a agosto de 2006, com aproximadamente 23 horas-aula de atividades para cada turma, além do período destinado ao trabalho extraclasse.

Os temas de Física Térmica, abordados com recursos computacionais, incluem tópicos distribuídos em sete módulos didáticos sobre temperatura e termometria, dilatação térmica, calorimetria, curvas de aquecimento, processos de transmissão do calor, gases e termodinâmica. Além da utilização dos recursos computacionais, foram desenvolvidos paralelamente os demais conteúdos de cada tópico exigidos no planejamento anual definido

por área em cada uma das escolas.

Seguindo os pressupostos da teoria da interação social de L. Vigotski, pôde-se constatar, durante a realização das atividades, que os alunos interagiram ativamente entre si, contando com o apoio do professor como mediador. Mesmo trabalhando em duplas ou em trios, havia interação entre os vários grupos por diversos motivos, tanto para prestar ajuda no uso dos programas, quanto nas discussões acerca dos questionamentos.

Na aplicação do projeto, foram trabalhadas questões explorando situações do cotidiano do aluno que, através de pesquisa extraclasse, do debate com os grupos e na própria sala de aula, percebia seu papel no meio social e, a partir da discussão de cada assunto, desenvolvia sua criatividade e capacidade de associação para relacionar uma nova situação com conceitos estudados anteriormente.

Um dos objetivos deste projeto foi fazer com que os alunos adquirissem maior entendimento dos fenômenos físicos, permitindo que estabelecessem relações entre os conceitos teóricos e a aplicação prática de situações por eles já vivenciadas. Para tanto, foram confrontados com diversas situações durante a aplicação das atividades, proporcionando momentos de muitos questionamentos entre os grupos, à medida que relacionavam uma nova informação do fenômeno observado as suas concepções prévias. Ao final das atividades e através das avaliações, pôde-se notar que ocorreu uma evolução conceitual.

Através dos resultados observados no pré e no pós-teste, pôde ser verificada a eficácia desta proposta de trabalho, conforme foi apresentado no Capítulo 5 (seção 5.2.1), mesmo contemplando alunos de três escolas com metodologias e filosofia de ensino diferentes. Foram verificados resultados das questões dos guias de atividades apresentados pelos alunos que evidenciavam diferentes níveis cognitivos, inclusive dentro da mesma instituição de ensino, pois alguns alunos mostram-se mais preocupados com seu aprendizado e outros que, segundo seu próprio relato, não costumam dar a devida importância à realização de trabalhos escolares.

Pôde-se, também, verificar que, em praticamente todas as questões, os alunos demonstraram ter havido um aprendizado ao marcarem, no pós-teste, a alternativa cientificamente correta. Em várias questões houve, também, redução do percentual de alunos que marcaram a alternativa incorreta. Entretanto, ainda foram registradas respostas no pós-teste, que mostram conceitos ambíguos como sendo corretos.

Com relação ao questionário de opinião (seção 5.2.2), a maioria dos alunos achou prazeroso realizar as atividades desenvolvidas no laboratório de informática, não só pelo

aprendizado, mas também como forma de diversificar a metodologia de ensino, através de aulas mais atrativas e interessantes, que despertam o interesse pela descoberta. Também pôde ser constatado que alguns alunos demonstravam bastante interesse nas aulas práticas no laboratório de informática, mas perdiam parte do interesse pela atividade quando tinham que responder às questões propostas. Porém, quando, no final da atividade de cada um dos módulos didáticos, trabalhavam com o tópico *Física no Cotidiano*, demonstravam novo interesse em descobrir o porquê de situações que já costumavam presenciar no seu dia-a-dia. A parcela dos alunos que não manifestou gosto pelo trabalho com recursos computacionais foi pequena.

Acredita-se que, mesmo não contemplando e agradando a totalidade de alunos, o uso de novas tecnologias, especificamente o de modelagens computacionais, deve ser incorporado à metodologia usada no ensino de Física, não só porque se constituem em recursos eficazes para diversificação do ensino, mas também porque despertam maior curiosidade, raciocínio lógico e espírito investigativo. Além disso, o trabalho com modelagens computacionais em grupo revelou-se como um facilitador para aprimorar os conhecimentos dos alunos, podendo proporcionar uma aprendizagem significativa.

O desenvolvimento do material utilizado e a metodologia empregada tiveram por base os referenciais teóricos de L. Vigotski e de D. Ausubel e J. Novak. O produto educacional deste projeto de mestrado contempla os conteúdos de Física Térmica distribuídos em sete módulos didáticos, e contém textos de apoio e atividades exploratórias com questionamentos. Esta proposta envolve o trabalho com modelagens computacionais criadas com o programa *Modellus*, utilizando também a planilha eletrônica Excel e *gifs* animados. O guia de atividades sugerido, em cada um dos módulos, auxilia na utilização das modelagens, propõe questões e uma seção que aborda a Física no cotidiano do aluno.

Todo material instrucional desenvolvido e utilizado durante a implementação da proposta foi disponibilizado na forma de uma página em formato *HTML*, em um CD-ROM e nos *sites* das escolas, possibilitando aos alunos o acesso ao material durante as aulas e também fora do ambiente escolar.

Os guias das atividades foram reformulados para contemplar as dificuldades apresentadas pelos estudantes durante a aplicação do projeto, buscando-se aprimorar o material didático para que seja utilizado também por outros professores em sua prática docente. Espera-se, assim, contribuir para melhorar o ensino de Física Térmica e difundir o uso de novas tecnologias, tanto em escolas da rede privada, quanto da rede pública de ensino.

REFERÊNCIAS

AQUERO, R. *Vygotsky e a aprendizagem escolar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

ARAÚJO, I. S., VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 179-184, jun. 2004.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília. MEC. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+-ENSINO MÉDIO, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília. 2002. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/ensino/pcn.shtml>>. Acesso em: 20 ago. 2007.

COELHO, R. O. *O uso da informática no ensino de física de nível médio*. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Educação)—Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

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

GASPAR, A *Física: manual do professor*. São Paulo: Editora Ática, 2001. Volume único.

_____ *Experiências de ciências*. São Paulo: Editora Ática, 2003.

GONÇALVES, L. de J. *Uso de animações visando a aprendizagem significativa de física térmica no ensino médio*. 2005. 97f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física)—Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

_____ *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999a.

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

_____ Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, abr. 2000.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. *Teorias construtivistas*. Textos de Apoio ao Professor de Física, Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 1999, n. 10. ISSN 1807-2763.

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

NOGUEIRA, J. S.; RINALDI, C. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 517-522, dez. 2003.

NOGUEIRA, N. R. *Pedagogia de projetos: etapas, papéis e atores*. São Paulo: Editora Érica, 2005.

NOVAK, J. D. *Uma teoria de educação*. São Paulo: Editora Pioneira, 1981.

SIAS, D. B. *Aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na Física Térmica do Ensino Médio*. 2006. 190f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física)–Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SILVEIRA, F. L. da. *Teste t de Student*. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <rejane@if.ufrgs.br> em 11 out. 2007.

VEIT, E.A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002.

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

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 215-225, jun. 2001..

ANEXO – TESTE DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS

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

Analise 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) as temperaturas 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 de a 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 termómetro 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 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 energia 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 M.F. Thomaz e I.M. Malaquias 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.

APÊNDICES

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO PARA AVALIAÇÃO
DA PROPOSTA**

Questionário de opinião para avaliação da proposta

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

1. Você sabe usar computador para:

- Navegar na Internet.
- Fazer uma pesquisa pela Internet.
- Editar textos (p. ex., usando o Word).
- Usar planilha eletrônica (p. ex., usando o Excel).
- Enviar e receber email.
- Fazer um *site* (p. ex., usando o Front Page).
- Jogar virtualmente.

2. Você possui computador em casa com acesso a Internet

- sim
- não

3. Em sua residência, você usa computador para acessar Internet?

- sim.
- não.

4. Você tem acesso a Internet sem ser em sua residência?

- na escola.
- residência de parentes/amigos.
- outros: _____

5. Você costuma navegar na Internet com que frequência?

- diariamente.
- fim de semana.
- eventualmente.

6. Você já teve, em anos anteriores, alguma aula de Física na Informática?

- sim.
- não.

7. Na escola você já utilizou alguma animação gráfica para aprender Física?

- sim.
- não.

8. Você gostou de ter usado o computador para aprender sobre Física Térmica?

- sim.
- não.
- mais ou menos.

9. Você acha importante utilizar softwares para o aprendizado de Física?

- sim.
- não.
- mais ou menos.

10. Você gosta de ter aulas de Física na informática?

- sim.
- não.
- mais ou menos.

11. O uso da informática nas aulas de Física é estimulante para a aprendizagem?

- sim.
- não.
- mais ou menos.

12. Você prefere aprender Física através de:

- aulas expositivas.
- com softwares na informática.

- experimentos em laboratório.
13. Você gostou de utilizar o programa Modellus?
 sim. não. mais ou menos.
14. Você teve dificuldades em utilizar o programa Modellus?
 sim. não. mais ou menos.
15. O que você menos gostou nas atividades da informática?
 das questões a serem respondidas. do uso do programa.
 gostei de tudo. outros: _____
16. Você acha importante trabalhar com modelagens computacionais nas aulas de Física?
 sim. não. mais ou menos.
17. Você percebe alguma relação entre as questões exploradas e o vestibular?
 sim. não. mais ou menos.
18. Você acredita que as animações facilitaram a compreensão dos fenômenos físicos?
 sim não mais ou menos
19. As atividades da informática facilitaram compreensão de análises gráficas e relações entre grandezas?
 sim. não. mais ou menos.
20. Dos tópicos trabalhados o que você mais gostou?
 escalas.
 dilatação.
 calorimetria.
 gases.
 termodinâmica.

Comentários e/ou sugestões:

APÊNDICE B – CD-ROM COM MATERIAL INSTRUCIONAL

