

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**DO DESENVOLVIMENTO À APLICAÇÃO DE UM VÍDEO
DIDÁTICO DE FÍSICA TÉRMICA PARA O ENSINO MÉDIO**

MARCUS VINICIUS PEREIRA

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
NOVEMBRO / 2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

DISSERTAÇÃO

DO DESENVOLVIMENTO À APLICAÇÃO DE UM VÍDEO DIDÁTICO DE FÍSICA TÉRMICA PARA O ENSINO MÉDIO

MARCUS VINICIUS PEREIRA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Tereza Fachada Levy Cardoso, D. H.
Orientadora

Susana Lehrer de Souza Barros, M. Sc.
Co-orientadora

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
NOVEMBRO / 2007

SUMÁRIO

	Pág.
INTRODUÇÃO	01
1 JUSTIFICATIVA	02
2 OBJETIVO	08
3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	09
CAPÍTULO I – VÍDEO DIDÁTICO	10
I.1 HISTÓRICO DA TECNOLOGIA DO VÍDEO	10
I.2 O VÍDEO DIDÁTICO	14
I.3 O VÍDEO E O ENSINO DE FÍSICA	20
CAPÍTULO II – FÍSICA TÉRMICA	23
II.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA	23
II.2 PERSPECTIVA DIDÁTICA	27
II.2.1 O Livro Didático	29
II.2.2 Livros Analisados	30
II.2.3 Discussão	34
CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO DO VÍDEO	36
III.1 VERSÃO PILOTO	36
III.2 VERSÃO FINAL	38
III.2.1 Características do Vídeo	41
III.2.2 Estrutura do Vídeo	42
III.2.3 Estrutura do Guia de Acompanhamento	46

CAPÍTULO IV – APLICAÇÃO DO VÍDEO EM SALA DE AULA	47
IV.1 PROPOSTA PEDAGÓGICA	47
IV.2 AMOSTRA	50
IV.3 INSTRUMENTOS	50
IV.3.1 Pré-Teste / Pós-Teste	51
IV.3.2 Avaliação Final	51
IV.4 A APLICAÇÃO	54
IV.4.1 Etapa Diagnóstica	54
IV.4.2 Etapa de Escolarização	56
CAPÍTULO V – RESULTADOS	58
V.1 ANÁLISE GERAL	58
V.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS CONCEITUAIS	69
V.2.1 A Natureza do Calor	69
V.2.2 Grandeza intensiva e extensiva	72
V.2.3 Trocias de Calor	75
V.2.4 Mudança de Estado	78
V.2.5 Dilatação Térmica	79
V.2.6 Propagação do Calor	82
CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
APÊNDICES	A01
Apêndice I – STORYBOARD DAS DEMONSTRAÇÕES	A01
Apêndice II – GUIA DE ACOMPANHAMENTO DO VÍDEO	A08
Apêndice III – TABELAS DE DADOS	A14

P436 Pereira, Marcus Vinícius

Do desenvolvimento à aplicação de um vídeo didático de física
térmica para o ensino médio / Marcus Vinícius Pereira. – 2007.
xiii, 96 f. + Anexos; il (alguns color.), graf. color., tabs.; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica
Celso Suckow da Fonseca, 2007.

Bibliografia: f. 91-96.

Inclui apêndices

1. Física (Ensino Médio) – Estudo e ensino – Recursos
audiovisuais 2. Videoteipes na educação. I. Título.

CDD 530

À minha mãe e à minha avó.

Agradecimentos

- À minha mãe Sonia Maria Pereira e à minha avó Vanda Catalão Pereira, sem as quais eu não estaria aqui, pelo apoio familiar e amor eterno.
- À grande amiga e professora co-orientadora Susana Lehrer de Souza Barros, pela paciência e pela contribuição ininterrupta para meu crescimento intelectual e pessoal ao longo de quase dez anos.
- À professora orientadora Tereza Fachada Levy Cardoso, por me aceitar como orientando e confiar neste trabalho.
- Ao querido amigo Claudio Rodrigues Bastos, pela compreensão incomensurável, principalmente na etapa de conclusão deste trabalho, e à melhor amiga Adriana Ferreira de Souza, pela sinceridade de sempre e pelo *help* de última hora.
- À colega de turma de mestrado e amiga Telma Alves, pelos encontros e desencontros de trabalho ao longo dessa jornada.
- À admirada professora Maria Antonieta Teixeira de Almeida, coordenadora do LADIF/UFRJ, pelo apoio ao projeto de desenvolvimento do vídeo.
- Ao estimado professor Fernando de Souza Barros, pelas conversas que enriqueceram as visitas de trabalho.
- Ao técnico do LADIF/UFRJ, Agostinho Mendes da Cunha, pela contribuição na etapa de filmagem e edição do vídeo.
- Aos alunos sujeitos da aplicação do vídeo idealizada neste trabalho, e aos alunos que outrora já foram sujeitos da aplicação da versão piloto do vídeo.
- A todos os meus alunos ao longo dos anos de curso de mestrado, que entenderam de alguma forma o acúmulo de atividades.
- Às instituições UFRJ e CEDERJ/CECIERJ, pelo apoio técnico no desenvolvimento do vídeo, e ao CEFET-RJ, por proporcionar o estudo do mesmo nesta dissertação.
- Às instituições onde leciono, Colégio Estadual Olinto da Gama Botelho (CEOGB) e Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis – Unidade Maracanã (CEFETEQ-UMar), e ao CEFET-RJ, por apoiarem parcialmente a apresentação de trabalhos relacionados com esta dissertação em eventos acadêmicos.
- Aos colegas de trabalho Carlos Alberto Picone, Carmem Lúcia Batista e, em especial, Roberto Soares da Cruz pela ajuda nos momentos conturbados da vida profissional.

“A imaginação é mais importante que o conhecimento.”

Albert Einstein

Resumo da dissertação submetida ao PPECM/CEFET-RJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências.

DO DESENVOLVIMENTO À APLICAÇÃO DE UM VÍDEO DIDÁTICO DE FÍSICA TÉRMICA PARA O ENSINO MÉDIO

Marcus Vinicius Pereira

Novembro / 2007

Orientadora: Tereza Fachada Levy Cardoso. D. H.

Co-orientadora: Susana Lehrer de Souza Barros, M. Sc.

Programa: PPECM

A contribuição do laboratório tradicional para melhoria da aprendizagem de Física por parte dos estudantes vem sendo discutida ao longo das últimas décadas em publicações da área de ensino de ciências. A necessidade de se apresentar conceitos físicos através da fenomenologia é indiscutível, sendo a Física uma ciência natural. A realidade da escola atual, com número de aulas semanais reduzido, infra-estrutura precária e professores com más condições de trabalho, remete à busca por estratégias alternativas que possam suprir essa necessidade, já que a experimentação ao vivo é pouco utilizada na sala de aula, se mostrando inviável ao longo do tempo face às condições escolares vigentes. Por outro lado, a utilização de vídeos didáticos com características próprias pode contribuir de forma eficiente para o aprendizado dos alunos e para a prática docente, devido à vantagem de otimização de tempo e espaço. Neste trabalho se discute o potencial do vídeo como ferramenta didática através de três etapas: a construção do material didático, a sua aplicação em sala de aula, e a avaliação de sua eficiência no processo ensino-aprendizagem da Física. O vídeo desenvolvido é resultado do aprimoramento de trabalhos anteriores (PEREIRA & BARROS, 2001). Ele é composto de onze demonstrações monoconceituais com mínima locução, acompanhado de um guia composto de uma ficha para cada demonstração a ser preenchida pelo estudante. A fim de analisar seu efeito sobre a aprendizagem, planejou-se uma aplicação do conjunto de demonstrações como um Organizador Prévio Experimental (OPE) com um grupo de 14 estudantes de ensino médio de uma escola pública federal no Rio de Janeiro. Para isso, foram construídos testes relacionados aos conceitos trabalhados nas demonstrações, e os dados obtidos foram discutidos a luz desse exemplo de aplicação do vídeo. Algumas considerações finais são apresentadas como conclusão do trabalho, além de recomendações e propostas de utilização do vídeo em sala de aula.

Palavras-chave: vídeo didático; física térmica; estratégia de ensino-aprendizagem; ensino de ciências; tecnologia educacional.

Abstract of dissertation submitted to PPECM/CEFET-RJ as partial fulfillment for the requirements for the degree of Master in Science Teaching.

FROM DEVELOPMENT TO APPLICATION OF A DIDACTIC VIDEO ABOUT THERMAL PHYSICS FOR HIGH SCHOOL

Marcus Vinicius Pereira

November / 2007

Adviser: Tereza Fachada Levy Cardoso. D. H.

Co-adviser: Susana Lehrer de Souza Barros, M. Sc.

Program: PPECM

The contribution of the laboratory for the improvement of the students' physics learning process has been discussed along decades in science education literature. Physics is a natural science, as such it is undeniable that physical concepts need to be presented to students phenomenologically. Nowadays, the reality of school instruction is not very promising. There is a small number of classes per week, poor infrastructure, lack of all kinds of didactic materials as much as poor teachers' working conditions. Under these circumstances, it is necessary to look for alternative strategies to improve the learning-teaching process, since practical work is seldom used in school science given the difficulties of implementation. One of the possible strategies is the use of didactic videos with specific characteristics that can efficiently contribute to the students' learning, due to the advantage of optimization and costs, as well as the teacher's time consumed. In this work, the potential of a didactic video as a teaching tool is discussed. The three stages of the application are presented: the development of the didactic material, its application in the classroom, and the evaluation of its efficiency in the teaching-learning process. The original video (PEREIRA & BARROS, 2001) was slightly modified. It is composed by eleven single-concept demonstrations with little locution, and it is completed with a student's guide, composed by a work-sheet/demonstration where observations are registered during the exhibit of the video. In order to examine its effectiveness on students' learning, the complete set of demos was used as an experimental advanced-organizer (EAO) with a group of 14 high school students in a public school in Rio de Janeiro. Tests related to the thermal physics concepts worked in the demonstrations were constructed. They were applied at different moments of the intervention and their results are discussed. As a conclusion of this work final considerations are offered together with recommendations and proposals for the possible functions of a didactic video in the classroom.

Keywords: didactic video; thermal physics; processes of teaching and learning; science teaching; educational technology.

Lista de Figuras

	Pág.
Figura II.1 – Esquema didático do experimento de Joule	26
Figura III.1 – Títulos das demonstrações da versão piloto do vídeo	37
Figura III.2 – Exemplo de legenda da versão piloto do vídeo	38
Figura III.3 – Títulos das demonstrações da versão final do vídeo	39
Figura III.4 – Exemplo de legenda da versão final do vídeo	39
Figura III.5 – Programa de edição <i>Adobe Premiere</i>	40
Figura III.6 – Tela de abertura do vídeo e índice das demonstrações	43
Figura III.7 – Exemplo de <i>storyboard</i> comentado para a demonstração G2	44
Figura III.8 – Cenas da demonstração G2	45
Figura III.9 – Guia de Acompanhamento do Vídeo	46
Figura IV.1 – Pré-Teste / Pós-Teste	52
Figura IV.2 – Avaliação Final	53
Figura IV.3 – Cronograma do estudo do efeito da aplicação do vídeo em sala de aula	54
Figura IV.4 – Alunos no laboratório de informática	55
Figura IV.5 – Ementa do curso de Termologia	56
Figura V.1 – Estrutura da Tabela de Dados	63
Figura V.2 – Gráfico do desempenho de cada estudante	66
Figura V.3 – Gráfico da nota média dos alunos nas questões relacionadas conceitualmente	67
Figura V.4 – Gráfico da frequência com que as demonstrações são assistidas por cada aluno	68

Lista de Tabelas

	Pág.
Tabela I.1 – Porcentagem de retenção mnemônica de acordo com o sentido do homem	16
Tabela III.1 – Demonstrações que compõem o vídeo	43
Tabela IV.1 – Relação conceitual entre os instrumentos e as demonstrações	51
Tabela V.1 – Desempenho dos estudantes no Pré-Teste e no Pós-Teste	59
Tabela V.2 – Critérios de categorização de respostas de SIMPSON & MAREK	60
Tabela V.3 – Critérios para análise das respostas às questões conceituais	60
Tabela V.4 – Critérios para análise do registro programado da observação	61
Tabela V.5 – Critérios para análise das perguntas de compreensão conceitual	62
Tabela V.6 – Índice das Tabelas de Dados do Apêndice III	62
Tabela V.7 – Desempenho de cada aluno na Etapa Diagnóstica e de Escolarização	64
Tabela V.8 – Desempenho dos estudantes nas questões relacionadas conceitualmente	67
Tabela V.9 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração A1	69
Tabela V.10 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração A2	70
Tabela V.11 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração B1	72
Tabela V.12 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração B2	73
Tabela V.13 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração D1	75
Tabela V.14 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração D2	77
Tabela V.15 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração E	78
Tabela V.16 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração F	80
Tabela V.17 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração G1	82
Tabela V.18 – Freqüência dos tipos de resposta para a demonstração G2	85

Tabela A-III.1 – Dados da demonstração A1	A15
Tabela A-III.2 – Dados da demonstração A2	A17
Tabela A-III.3 – Dados da demonstração B1	A19
Tabela A-III.4 – Dados da demonstração B2	A21
Tabela A-III.5 – Dados da demonstração D1	A23
Tabela A-III.6 – Dados da demonstração D2	A25
Tabela A-III.7 – Dados da demonstração E	A27
Tabela A-III.8 – Dados da demonstração F	A29
Tabela A-III.9 – Dados da demonstração G1	A31
Tabela A-III.10 – Dados da demonstração G2	A33

Abreviaturas

Abreviatura	Significado
CECERJ	Centro de Ciências do Estado do Rio de Janeiro
CEDERJ	Centro de Educação à Distância do Rio de Janeiro
DV	<i>Digital Vídeo</i> (vídeo digital)
DVD	Digital Vídeo Disc (disco de vídeo digital)
DVD Player	Aparelho que reproduz DVDs
IF	Instituto de Física
INCE	Instituto Nacional do Cinema Educativo
LADIF	Laboratório Didático do Instituto de Física
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USP	Universidade de São Paulo

INTRODUÇÃO

A organização curricular da Física para o Ensino Médio regular atual, como praticada na maioria das escolas brasileiras, prioriza o ensino da Mecânica durante toda a primeira série e parte da segunda, já que a carga horária de Física resume-se a duas aulas semanais, com duração média de uma hora e meia. A Mecânica, quando comparada à Termologia (ou Física Térmica) e à Ótica, é considerada uma área mais abstrata, que exige sólida linguagem matemática, haja vista a tentativa dos professores de trabalharem essa área ignorando a leitura e a observação fenomenológica dos movimentos, que geralmente são complexos.

O projeto de 2005 de Reorientação Curricular do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro (REORIENTAÇÃO, 2007), distribuído para todas as escolas públicas estaduais, propõe uma seqüência curricular alternativa para Física, em que a Termologia é a primeira área apresentada na primeira série do Ensino Médio. Essa ordenação não é aleatória, pois leva em conta o fato dos fenômenos térmicos estarem presentes na vida cotidiana de todas as pessoas.

Em todos os processos que ocorrem na natureza e nas técnicas, o calor está direta ou indiretamente presente. A partir da conquista do fogo, os primeiros hominídeos aprenderam a utilizá-lo em seu proveito, tanto para sua própria proteção como para caça. Em épocas de baixas temperaturas, o calor do fogo protegeu o ser humano do frio.

As fogueiras, que iluminavam o ambiente e afugentavam os predadores, passaram a ser utilizadas para cozinhar alimentos. Esses aspectos relacionados à conquista do fogo, entre outros, fizeram com que o homem se tornasse menos nômade. Portanto, a fenomenologia da Física Térmica tem por base o próprio cotidiano do ser humano, através da experiência sensorial que ele adquire desde tenra idade.

Sendo assim, a abordagem conceitual, através do enfoque qualitativo, pode facilitar a compreensão dessa área da Física, já que possibilita a realização de demonstrações experimentais com observação direta por parte dos estudantes, e com uma matematização mais simples quando comparada à abstração necessária em outras áreas como Mecânica e Eletricidade.

1 – JUSTIFICATIVA

Independente da área da Física estudada, não há dúvida quanto à necessidade da abordagem experimental no processo de ensino para a aprendizagem básica de uma ciência que é experimental.

“O ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado.” (BRASIL, 2000)

Porém, quando se faz uma reflexão crítica sobre o papel atual das atividades laboratoriais para a conceituação da Física básica, nas suas diversas abordagens, reconhece-se sua baixa contribuição para a aprendizagem conceitual.

Segundo LUNETTA (1998), tanto professores como pesquisadores da área de ensino questionam as atividades laboratoriais tal como são realizadas atualmente. Esse autor, ao estabelecer metas para o laboratório didático, como *“entendimento dos conceitos científicos, desenvolvimento de uma prática científica, motivação, interesse e habilidades em solucionar problemas”*, critica os objetivos do atual laboratório ao levantar evidências na literatura quanto ao cumprimento dessas metas, afirmando que não são satisfatórias.

COLINVAUX & BARROS (2002) indicam que os trabalhos de pesquisa em ensino de Física ao longo das últimas décadas apontavam o laboratório como o grande potencializador do processo de ensino-aprendizagem, onde a experimentação por parte do aluno era considerada a salvação para o fracasso do ensino de Física, um tipo de *“vareta mágica”*, que fazia milagres em relação ao baixo rendimento dos estudantes.

Segundo SOLOMON (1988), *“a sabedoria corrente que equaciona aprendizagem de ciências com práticas experimentais vem sendo questionada há muito tempo”*. Apesar de existirem estudos a respeito, ainda há controvérsias sobre o trabalho de atividades experimentais em relação a sua eficiência e seu papel na aprendizagem.

BÉCU-ROBINAULT (1997) e FILIPECKI & BARROS (1999) questionam o pouco conhecimento dos processos cognitivos do aprendiz durante a realização e interpretação de uma atividade experimental. Por este motivo NEDELSKY (1965) afirma que o laboratório introdutório raramente pode ser utilizado como fonte de generalização.

Deve-se considerar ainda a falta de tradição escolar no Brasil em valorizar atividades práticas, que requerem um amplo espectro de habilidades por parte dos estudantes e também dos professores, como montagem da experiência, compreensão dos conceitos físicos trabalhados, utilização de instrumentos de medida, obtenção, registro e análise de dados, entre outros. Essas habilidades requerem maturação, assim como uma infraestrutura física e didática que exigem do professor organização e disponibilidade para seu desenvolvimento, quando ele não é dedicado exclusivamente às aulas de laboratório, fato comum na quase totalidade das escolas.

Tendo em vista a quase inexistência da prática laboratorial de Física na escola, é factível a realização de demonstrações ao vivo na sala de aula, e para isso o profissional docente deve planejá-las, além de ter a disposição os instrumentos de medida apropriados e os materiais necessários para uso nas suas diferentes aulas. Isto acarreta, segundo PEREIRA, FILIPECKI & BARROS (2005), um gasto de energia considerável com a organização da demonstração, pois os professores precisam ter disponibilidade de tempo antecedente às aulas e possibilidades de transporte, condições difíceis de manter ao longo do tempo, já que a maior parte deles leciona em, pelo menos, mais de uma unidade escolar, em geral com máxima carga horária semanal possível.

A crítica à atividade experimental, desenvolvida pelos próprios alunos ou pelo professor como demonstração ao vivo, não nega seu papel fundamental para a aprendizagem de ciências. Por outro lado, da forma como ela é realizada “*não atinge os objetivos propostos para uma aprendizagem conceitual*”, de acordo com OLIVEIRA (2000).

Tal argumentação remete à busca por estratégias alternativas para apresentação de atividades experimentais que possibilitem a exploração do fenômeno ao dar oportunidade ao professor de discutir os modelos físicos e teóricos, que podem levar o aluno, através da observação, a uma melhor compreensão dos conceitos físicos envolvidos.

Segundo BARROS et al (2000), a utilização do vídeo, mesmo quando visto com entusiasmo pela maioria dos professores, ainda não é fato comum no cotidiano escolar. O potencial do vídeo ainda é pouco explorado, e, em geral, sua apresentação não é pensada como uma metodologia, mas sim como apenas uma ilustração de um determinado tema que o professor está trabalhando com seus alunos, ou até como preenchimento de tempo de aula.

“*É possível, por meio de um trabalho de preparação e sistematização de procedimentos, economizar tempo e energia*”, afirma NAPOLITANO (1999) em seu artigo onde discute o uso da TV em sala de aula. A escola deve estar apta para aproveitar a relação íntima e intensa que os jovens e adultos têm com a produção televisiva e incorporá-la em suas práticas. A imagem, que já foi mero adereço na educação, na divulgação científica e na produção literária, hoje transita entre diversos campos do saber, da produção e da comunicação humana, que se apóiam na linguagem visual.

O governo, através da Secretaria de Educação a Distância do MEC, tentou dar conta da incorporação dessa tecnologia da informação e comunicação (TIC) à educação. Em um curso de extensão para professores do Ensino Fundamental e Médio da rede pública, intitulado *TV na escola e os desafios de hoje* (BRASIL, 2001), o objetivo principal foi o melhor uso das TICs, com ênfase na linguagem audiovisual, de modo autônomo, criativo e crítico, por todo profissional docente comprometido com a formação dos seus alunos.

As transformações no campo da comunicação, com a integração das linguagens nos sistemas multimídia na produção de imagens, colocaram essa tecnologia ao alcance do cidadão comum. Computadores e câmeras digitais estão disponíveis no mercado e favorecem produção audiovisual independente, pois resultam em custos bem menores quando comparados aos da produção cinematográfica ou televisiva.

Mas, quando se pensa na utilização do vídeo pelo professor, a questão fundamental, de acordo com PRETTO (2005), é que sua mera introdução na escola não renova a educação. O autor aponta duas perspectivas a serem observadas: a instrumentalidade e a fundamentalidade. Usar o vídeo como instrumento é considerá-lo apenas como mais um recurso didático-pedagógico, quando, na verdade, ele deve ser utilizado como fundamento com o objetivo de aguçar a imaginação e a memória do aluno. O uso do vídeo baseado na perspectiva da instrumentalidade o transforma apenas em um animador da velha educação, que se desfaz rapidamente, uma vez que o encanto pela novidade também deixa de existir.

Segundo FERRÉS (1996), usar a tecnologia do vídeo para reforçar a pedagogia tradicional é infra-utilizar o vídeo, que, por ser multifuncional, pode ser utilizado para transformar a comunicação pedagógica, assumindo toda sua potencialidade expressiva.

Deve-se levar em conta a adequação aos objetivos educacionais. ALONSO (1998), ao abordar a relação entre métodos e meios nos processos de ensino, aponta que os meios não devem estar atrelados a uma decisão didática pelo seu grau de modernidade.

No entanto, a produção de um vídeo com recursos simples, composto de demonstrações experimentais curtas e com mínimo de locução, pode potencializar parcialmente algumas das habilidades que seriam desenvolvidas nas atividades realizadas ao vivo, já que o vídeo também apresenta um enfoque fenomenológico o qual o professor poderá explorar à medida que trabalha com esse material em suas aulas, como indicam PEREIRA, FILIPECKI & BARROS (2003).

A decisão de trabalhar conceitos relacionados com a Termologia no vídeo didático produzido fundamenta-se nos seguintes aspectos:

- há predominância no Ensino Médio da priorização de conteúdos voltados para a Mecânica e Eletricidade;
- as pessoas, ao tentarem explicar situações envolvendo fenômenos térmicos, apóiam-se em justificativas ligadas àquelas percebidas ou sentidas, conceitos espontâneos;
- os conceitos físicos dessa área apresentam facilidade de enfoque qualitativo, antecedendo ao tratamento matemático-quantitativo, o que pode facilitar a compreensão por parte dos estudantes;
- o calor é um conceito físico que pode ser abordado historicamente de uma forma motivadora, já que está relacionado ao desenvolvimento econômico-social da humanidade.

Tanto o tema vídeo didático como a própria Física Térmica, que apresenta conceitos presentes na vida do ser humano, são pouco freqüentes nas pesquisas desenvolvidas na área de ensino de Física nas últimas décadas. Pode-se citar como evidência o levantamento de referências bibliográficas, compilado por DUIT (2007), iniciado por Helga Pfundt na década de 70, da pesquisa internacional em educação em ciências com cerca de 8 mil trabalhos classificados em diversas categorias, apenas 68 desses abordam conceitos de calor e/ou temperatura.

Ainda, no catálogo analítico de dissertações e teses no período de 1972 a 1992 da área de ensino de Física no Brasil (IF-USP/2007), projeto coordenado pelas professoras Maria Regina Kawamura e Sônia Salém, 14 de 193 trabalhos foram catalogados no tema recursos didáticos, sendo apenas 1 sobre vídeo didático, datado de 1976, em particular, sobre produção, utilização e avaliação de filmes didáticos. No período de 1992 a 1995, dos 63 trabalhos catalogados, 2 deles têm como tema a análise e/ou produção de vídeos didáticos para a sala de aula. De 1995 a 2005, período de expressiva produção, foram catalogados 272 trabalhos, onde nenhum deles aborda especificamente o tema vídeo didático, há apenas 1 trabalho sobre os meios de comunicação de massa.

A revista Física na Escola (FNE), publicação semestral da Sociedade Brasileira de Física (SBF) desde 2001 voltada para o professor e disponível on-line¹, possui uma seção intitulada Novas Tecnologias na Sala de Aula, que nem sempre figura nos volumes publicados até o momento. Três volumes diferentes apresentam esta seção com trabalhos abordando o desenvolvimento e/ou uso de softwares, e um único volume da revista traz um trabalho de OLIVEIRA (2006) que aborda o tema vídeo através da utilização de cenas de um filme comercial de longa-metragem para discutir conceitos físicos.

A Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), publicação tradicional da SBF com cerca de 80 exemplares ao longo de quase 30 anos², apresenta um trabalho de ROHLING et al (2002) sobre a produção de filmes didáticos de curta metragem, e um trabalho de BARBETA & YAMAMOTO (2002) sobre o desenvolvimento e utilização de um software para análise de vídeos, ambos em um número especial da RBEF sobre as novas tecnologias e o ensino de Física.

A inexpressiva produção acadêmica sobre desenvolvimento e uso do vídeo didático não significa dizer há um número pequeno deste tipo de material. Nos Estados Unidos foram produzidos vídeos como a tradicional vídeo-enciclopédia *Physics Demonstrations*, de 1986, disponível em mídias *videolaser*, com 600 demonstrações experimentais bem produzidas para todas as áreas da Física. A Enciclopédia Britânica produziu a série de vídeos didáticos científicos *Science Essentials*, como o conjunto de 4 vídeos relacionados ao tema calor, “O que é o calor?”, “Como o calor se propaga?”, “Como o calor altera os materiais?” e “Fontes e utilizações do calor”, de 1989 com duração aproximada de 10 minutos cada um e que possui demonstrações experimentais com roteiro escrito para acompanhamento e estudo.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), através do Canal Ciência³, apresenta uma lista de videotecas virtuais. O Laboratório Didático do Instituto de Física (LADIF) da Universidade Federal do Rio de Janeiro produz

¹ <<http://www.sbfisica.org.br/fne/>>

² <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/>>

³ <<http://www.canalciencia.ibict.br/saibamais/video.php>>

vídeos didáticos que podem ser visualizados através da TV LADIF⁴, e atualmente contém 4 vídeos de eletricidade, 2 de ótica, 1 de termodinâmica e 2 de mecânica.

O Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada (CEPA) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo desenvolveu um projeto de ensino de Física on-line denominado *e-física*⁵, que disponibiliza materiais didáticos de vários tipos, entre eles vídeos de demonstrações experimentais de curta duração para diferentes áreas da Física, em média dois por área, com breve descrição do conteúdo e informação do tamanho do arquivo para *download*.

O Centro de Produção Cultural e Educativa (CPCE) da Universidade de Brasília⁶ disponibiliza um catálogo de vídeos em diversas áreas, possuindo 5 vídeos didáticos científicos, cada um com 25 min, sobre os temas: metrologia(1), som(2), fractais(1) e cor(1).

Esse levantamento parcial, apesar da produção de material audiovisual didático pontual e pouco divulgada, requer um estudo sobre as possíveis formas de utilização eficientes do vídeo na sala de aula.

Nesse sentido, justifica-se o desenvolvimento de um vídeo didático de Física Térmica para o Ensino Médio e um estudo da sua aplicação como Organizador Prévio Experimental (OPE).

2 – OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é contribuir para construção dos conceitos básicos (âncoras) de Física Térmica através da aplicação de um vídeo desenvolvido com características próprias como Organizador Prévio Experimental (OPE), que leva o aluno ao reconhecimento de grandezas físicas relevantes e a compreensão dos fenômenos demonstrados.

⁴ <<http://tv.ufrj.br/ladif/>>

⁵ <<http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/>>

⁶ <<http://www.cpce.unb.br>>

A proposta desta dissertação está relacionada com o uso do vídeo didático produzido e do livro didático sugerido para auxiliar o trabalho do professor no planejamento das aulas da unidade didática de Termologia.

3 – ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos e conclusão.

No primeiro capítulo se discute o potencial do vídeo, onde é apresentado um histórico do desenvolvimento dessa tecnologia da informação e comunicação, a sua utilização na sala de aula, e uma discussão sobre o vídeo como instrumento didático para o processo de ensino-aprendizagem da Física.

O segundo capítulo faz uma revisão do principal conceito da Termologia, o calor, sob duas perspectivas. A primeira perspectiva apresenta a evolução histórica das idéias iniciais sobre calor até o conceito científico que se entende hoje. Na segunda perspectiva faz-se uma reflexão sobre o livro didático como ferramenta que auxilia o trabalho do professor, onde se analisa como o conceito de calor é trabalhado nos livros tradicionais de ensino médio.

O capítulo três descreve o histórico do desenvolvimento do vídeo didático *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica*, desde a versão piloto até a versão final, apresentado suas características, a estrutura de cada demonstração que compõe o vídeo e a estrutura do guia de acompanhamento do vídeo.

O quarto capítulo é destinado à documentação da aplicação do vídeo como Organizador Prévio Experimental (OPE), planejada para uma sala de aula de Ensino Médio com a finalidade de analisar seu efeito sobre a aprendizagem. Para isso, foram construídos dois instrumentos, aplicados em momentos diferentes ao longo do tempo. Esta aplicação exemplifica uma das possíveis formas de utilização do vídeo.

Os dados obtidos através dos instrumentos de avaliação do efeito do vídeo sobre a aprendizagem conceitual foram analisados no quinto capítulo. Por fim, algumas considerações finais são apresentadas como conclusão do trabalho.

CAPÍTULO I

VÍDEO DIDÁTICO

Neste capítulo, apresenta-se um histórico do desenvolvimento do vídeo como tecnologia da informação e comunicação (TIC), discute-se o potencial de sua utilização na sala de aula, e, por fim, faz-se uma reflexão sobre o vídeo como ferramenta didática para promoção da aprendizagem da Física.

I.1 – HISTÓRICO DA TECNOLOGIA DO VÍDEO

A capacidade de observação levou o homem a buscar sinais que facilitassem a vida através da comunicação entre pessoas. Os primeiros registros do homem eram feitos em argila, e, posteriormente, em pedra e madeira. Esses registros eram sinais visuais: o sol, o povo, etc. Os primeiros registros encontrados são associados tradicionalmente às pinturas que remontam 17 mil anos na gruta de Lascaux, atual região de Montignac na França, como indica PRETTO (2005). No entanto, a mais antiga expressão artística humana conhecida hoje é o conjunto de gravuras rupestres localizado no Parque Arqueológico do Vale do Côa⁷ em Portugal, reconhecido como Patrimônio Mundial pela Unesco em dezembro de 1998, que remonta 30 mil anos, durante o período paleolítico superior.

Na ausência de uma referência visual clara e objetiva, os desenhos se direcionaram ao longo do tempo para as sílabas, deram origem à escrita silábica e, posteriormente, à fonética e ao alfabeto que a representa. A escrita foi uma transformação radical introduzida na sociedade. Uma sociedade baseada no texto escrito exigia uma instituição que capacitasse às pessoas nessa tecnologia, uma vez que a escrita não é aprendida de forma natural como falar ou gesticular – a escola.

Porém, no século XIX, novos acontecimentos reverteram este cenário. Deram-se início a processos como registro, reprodução e difusão de sons e imagens, que marcam o

⁷ <<http://www.ipa.min-cultura.pt/coa>>

início de uma cultura eminentemente audiovisual. Até o século XIX, a educação e a ciência se mantiveram firmemente assentadas sobre a confiabilidade e a racionalidade do texto escrito. No entanto, do século XIX para o século XX, tanto a ciência quanto a educação foram dando lugar à compreensão das imagens e sua importância.

A produção de imagens que se movem como em sonhos, ou imprimir a vida em objetos inanimados foram sempre anseios da humanidade. O desenvolvimento das tecnologias de registro de imagens, como a fotografia e o cinema, foi decisivo para a realização do ideário das imagens em movimento, dando lugar a uma área de estudo específica até sua plena aceitação em vários campos de conhecimento da sociedade.

Em 1832, o belga Plateau, baseado na idéia da persistência retiniana, inventa um aparelho que, ao girar, faz com que as figuras adquiram movimento, criando a ilusão de que um único desenho se movimentava, como citado por PARENTE (1993). A fotografia foi desenvolvida por Louis-Jacques Daguerre e Joseph Nicéphore Niepce em 1839. Em 1878, o fisiologista francês Étienne-Jules Marey desenvolve o fuzil fotográfico: um tambor forrado por dentro com uma chapa fotográfica circular. Seus estudos se baseiam na experiência do inglês Edward Muybridge, que em 1872 decompõe o movimento do galope de um cavalo ao instalar 24 máquinas fotográficas em intervalos regulares ao longo de uma pista de corrida, ligando a cada máquina fios que atravessam a pista, desencadeando o disparo sucessivo dos obturadores, que produzem 24 poses consecutivas.

Pesquisas posteriores sobre o andar do homem ou o vôo dos pássaros levam Étienne-Jules Marey, em 1887, a desenvolver a cronofotografia – fixação fotográfica de várias fases de um corpo em movimento, que é a própria base do cinema. Em 1890, o norte-americano Thomas Alva Edison inventa o filme perfurado, e roda uma série de pequenos filmes em seu estúdio, como o Black Maria, primeiro da história do cinema. Esses filmes não são projetados em uma tela, mas no interior de uma máquina, o cinetoscópio – também inventado por Edison um ano depois. Mas as imagens só podiam ser vistas por um espectador de cada vez.

PRETTO (2005) aponta que a partir do aperfeiçoamento do cinetoscópio, os irmãos franceses Auguste Lumière e Louis Lumière em 1895 idealizam o cinematógrafo, um aparelho movido à manivela que utiliza negativos perfurados, substituindo a ação de várias máquinas fotográficas para registrar o movimento. O cinematógrafo torna possível a projeção das imagens para o público.

Na mesma época em que surgia o cinema, foram criados os primeiros gramofones e, assim, realizadas as primeiras tentativas de se unir tecnicamente imagem e som – bandas, músicos e dubladores figuravam ao vivo na sala de projeção para sonorizar o espetáculo. Somente na década de 1930 o filme sonorizado se torna efetivamente uma realidade. O sucesso do cinema está relacionado aos esforços da indústria cultural norte-americana, que viu nessa linguagem uma possibilidade de transmitir valores, criar hábitos e disseminar o *american way of life* pelo mundo. Sob outra ótica, o sucesso do cinema também se deve ao fato dele reproduzir a ação de uma maneira semelhante à forma como a mente do homem pensa e sonha.

Embora na primeira metade do século XX tenha havido uma imensa produção de filmes de ficção destinados ao entretenimento, muitos diretores procuraram explorar as possibilidades didáticas da imagem em movimento segundo BRAGA & CALAZANS (2001). Com o intuito de usar o cinema para instruir e orientar crianças e jovens, produziram-se documentários em formato reduzido – os filmes de curta e média metragem que, tendo um conteúdo mais didático, passam a ser exibidos como apoio à educação.

No Brasil, essas invenções repercutiram desde o início do século XX. Em 1897, em São Paulo, já se anunciavam espetáculos com imagens. Em um desses anúncios, convidava-se o público para assistir ao Vitascope – Photographia Viva, combinação da máquina de projeção de imagens e fonógrafo. FEDERICO (1982) indica que a produção de filmes educativos no Brasil, acompanhando o resto do mundo, foi alavancada por intelectuais como Roquete Pinto e Jonathas Serrano e diretores como Humberto Mauro. Getúlio Vargas foi responsável pela criação do Instituto Nacional do Cinema Educativo

(INCE) em 1936, tendo Roquete Pinto a frente e como primeiro diretor. Críticas acerca do INCE discutiam a qualidade dos filmes e as intenções políticas a que estavam vinculados.

A partir daí, a imagem em movimento passou a fazer parte dos movimentos educativos em todo o mundo, mas sempre com dificuldades de caráter técnico. Desde o início do século XX, os cientistas procuravam desenvolver uma tecnologia para a transmissão de imagens de um emissor a um receptor remoto. Em 1923, Vladimir Kwoykin patenteia um tubo de raios catódicos no qual as imagens eram projetadas sobre uma tela composta por minúsculos pontos fotoelétricos, batizado de iconoscópio. Na mesma época, outro cientista, Philo Taylor Farnsworth, cria o tubo dissecador de imagens. Desses dois inventos, desenvolve-se a televisão, primeiro meio caseiro de transmissão de imagens, como indica MACHADO (1988).

“Isac Schoenberg, diretor da Electrical and Musical Industries (EMI), aperfeiçoou esse sistema eletrônico e iniciou, por intermédio da BBC de Londres, as primeiras transmissões regulares de televisão em 1936” (BOZZO, 1993 apud PRETTO, 2005). A RCA, empresa norte-americana, foi uma das pioneiras na produção de aparelhos de televisão. O primeiro protótipo comercial da TV foi apresentado ao público na Feira Mundial de Nova Iorque, em 1939.

Apesar da televisão estar relacionada aos inventos de produção e transmissão de imagens, toda a sua estrutura programática e as formas de comunicação com o público foram herdadas do rádio, assim como a programação, os profissionais e a popularidade junto ao público, segundo FEDERICO (1982). Num país de forte cultura oral e poucos recursos financeiros como o Brasil, a televisão se popularizou e, rapidamente, alcançou a posição de maior entretenimento nacional, fonte de identidade e integração cultural.

Apesar da riqueza que representa a imagem ao vivo, havia necessidade de se criar um tipo de memória dos programas e de possibilitar recursos adicionais de pré-produção. A fim de satisfazer esta necessidade, a empresa norte-americana AMPEX criou a fita de videoteipe (VT), em que era possível gravar áudio e vídeo, e que funcionava em

equipamentos de grande porte. Dado ao avantajado tamanho, destinava-se apenas à utilização das emissoras de TV, como indica PRETTO (2005).

A grande revolução no campo da televisão ficou por conta da empresa japonesa SONY, inventora do portapack – aparelho portátil com carretéis de meia polegada, capaz de gravar imagens em movimento em branco e preto.

“A partir desse momento, abre-se perspectiva para a produção de vídeo-registradores cada vez mais portáteis e, com isso, promove-se uma mudança significativa tanto no sistema de comunicação, em especial na televisão, quanto na manipulação e generalização do uso das imagens no cotidiano das pessoas.” (op. cit.)

Toda essa possibilidade tecnológica chegou ao consumidor na década de 1960. Com um grau de resolução satisfatório e preços inferiores aos dos equipamentos profissionais, o vídeo portátil foi rapidamente absorvido pela população de classe média e classe alta e utilizado com diversas finalidades.

I.2 – O VÍDEO DIDÁTICO

Na década de 1970, com a popularização do vídeo no Brasil, há uma aceleração do processo de difusão dos documentários científicos e históricos nas práticas pedagógicas. Na década de 1980, com sistemas de melhor resolução e mais portáteis, ampliam-se as possibilidades de uso do vídeo de forma individual e alternativa. A idéia de produção independente ganha força nas escolas, universidades e grupos alternativos.

Para ALMEIDA (1988), “o videocassete se tornou um eletrodoméstico quase tão consumido quanto os aparelhos de televisão” na casa das pessoas. As instituições educacionais também absorveram os aparelhos de videocassete, no entanto, a formação de videotecas nas escolas públicas e particulares foi um movimento tímido. Somente na década de 1990 o videocassete e o acervo de filmes passaram a fazer parte da infraestrutura escolar de apoio ao trabalho do profissional docente.

“A linguagem audiovisual é considerada como a linguagem da sociedade do milênio. Observar o comportamento dos jovens em idade escolar, já criados numa convivência íntima com os videogames, televisões e computadores, pode ser significativo para entender, por um lado, algumas das razões do fracasso da escola atual e, por outro, alguns elementos para uma possível superação desse fracasso.” (PRETTO, 2005)

Entretanto, segundo BRAGA & CALAZANS (2001), a relação dos professores e alunos com a apresentação de filmes na educação foi sempre ambígua e conflitante: escolhas de títulos inadequados; difíceis condições de apresentação; além de uma metodologia conservadora.

O avanço das tecnologias de informação e comunicação cria um descompasso à medida que a escola atual ainda não incorpora essas tecnologias.

“Os estudantes desenvolveram grande aversão ao discurso linear; passaram a buscar a velocidade e a diversidade de informações juntamente com sua espacialidade que possibilita uma reconstrução não-linear. Esse modelo de linguagem foi absorvido pelos meios de comunicação de massa, que modificaram seus programas a fim de satisfazer à sede dos jovens dessa nova linguagem.” (HOSOUME & BONETTI, 1999)

Trabalhos de pesquisa na década de 70 já teciam críticas sobre a sala de aula tradicional, distante do mundo atual. Para LIMA (1976), a imagem de uma sala de aula em que os recursos tecnológicos resumem-se a um quadro negro e um professor que recita textos seria exemplo do anacronismo, e tal imagem estaria fadada ao desaparecimento. Logo, há urgência em se reformular essa sala de aula tradicional a fim de atender às exigências das novas formas de comunicação.

Segundo FERRÉS (1996), o descompasso em relação ao desenvolvimento das TICs se deve hoje, em certa medida, às dificuldades dos professores na promoção de mudanças em suas práticas cotidianas, relutando à utilização de meios e métodos relacionados com as mudanças contemporâneas.

“O professor deve poder documentar o que é mais importante para o seu trabalho, ter o seu próprio material de vídeo, assim como tem os seus livros e apostilas para preparar suas aulas.” (MORAN, 1994)

A linguagem oral, recurso mais utilizado pelo professor, pode ser auxiliada por outros recursos que estimulem, igualmente, outros sentidos. Para FERREIRA (2005), os sentidos são a ligação entre o homem e o mundo exterior. Deve-se criar um ambiente que estimule o maior número de sentidos possível, pois estes estão diretamente relacionados à capacidade humana de reter informações em sua memória, chamada retenção mnemônica, apresentada na tabela a seguir, extraída do trabalho de FERRÉS (1996).

Tabela I.1 – Porcentagem de retenção mnemônica de acordo com o sentido do homem

COMO SE APRENDE	RETENÇÃO MNEMÔNICA
Através do gosto	1,0 %
Através do tato	1,5 %
Através do olfato	3,5 %
Através da audição	11,0 %
Através da visão	83,0 %

Elaborados pelo Escritório de Estudos da Sociedade Americana
Socondy-Vacuum Oil Co. Studies (NORBIS, 1971 apud FERRÉS, 1996).

O uso do vídeo didático pelo professor, entre outras facilidades, permite rever em ritmo próprio, analisar e até alterar uma seqüência de cenas a fim de atingir objetivos educacionais previamente estabelecidos ao se planejar a utilização do material audiovisual.

Quando se aprende através da visão, ao se utilizar o vídeo, há um grande potencial de retenção mnemônica. Essa retenção pode ser maior quando o método de ensino utilizado expõe o conteúdo de forma oral e visual simultaneamente. Em seu trabalho, FERRÉS apresenta uma análise da retenção de informação ao comparar estudantes que respondem a um teste 3 horas, e estudantes que respondem o mesmo teste 3 dias após interagirem com diferentes métodos de ensino: somente oral, somente visual, oral e visual simultaneamente. Quando aplicado após 3 horas, não há diferenças significativas entre os métodos, no entanto, quando o teste é aplicado após 3 dias, a utilização de somente o método de exposição oral ou somente visual apresenta índices baixíssimos de retenção de

dados, em média quatro vezes menor quando comparados ao índice para o método oral e visual simultaneamente.

FERRÉS (1996) classifica as diferentes formas de utilização do vídeo em sala de aula que pode ser uma importante ferramenta aliada ao trabalho do professor:

1. *vídeo-lição*: exposição sistematizada de conteúdos tratados com exaustividade; utilização do vídeo com função próxima a da aula expositiva, cuja diferença reside no fato de haver uma substituição do professor pelo aparato tecnológico, mas que pode ser útil em certos casos.
2. *vídeo-apoio*: utilização de imagens, com ou sem som, veiculadas pelo vídeo para reforçar o discurso verbal do professor ou dos alunos; a eficácia didática desta modalidade pode ser superior à da videolição.
3. *vídeo-processo*: processo em que a câmera de vídeo possibilita uma dinâmica de aprendizagem; o aluno é responsável pelo processo de criação do vídeo ou, pelo menos, é sujeito ativo.
4. *vídeo-motivador*: proporcionar a motivação inicial, introduzir e despertar a curiosidade para novos temas ou assuntos que serão abordados em um trabalho posterior; não se trata de imagens a serviço de um discurso verbal, estando mais relacionado a uma pedagogia ativa.
5. *vídeo-monoconceitual*: tipo de vídeo desenvolvido durante décadas nos Estados Unidos e na Europa, sendo breve, comumente mudos, e que desenvolvem de maneira intuitiva um só conceito; a informação tem como objetivo servir de estímulo para uma atividade.
6. *vídeo-interativo*: nasce da união da tecnologia do vídeo com a informática, onde as seqüências de imagens e a seleção das manipulações são determinadas pelas respostas do usuário ao interagir com o material; é um programa não-linear por natureza.

Esta classificação não é rígida, e tão pouco se fecha em si mesma. Deve-se ainda refletir quanto à forma de aplicação do vídeo em sala de aula, que, se feita de forma inadequada, pode acarretar em baixo aproveitamento do potencial dessa mídia, independente do tipo de vídeo. FERRÉS afirma que *“a eficácia da tecnologia do vídeo educativo dependerá da forma que se fizer uso dela”*.

MORAN (1994) apresenta uma classificação para o uso inadequado do vídeo na sala de aula:

1. *vídeo tapa-buraco*: utilização exclusiva para preenchimento do tempo vago do estudante;
2. *vídeo-enrolação*: utilização sem vínculo direto com os assuntos que estão sendo estudados;
3. *vídeo-deslumbramento*: resumido somente a utilização do meio devido à fascinação do professor pela tecnologia, levando ao empobrecimento da aula;
4. *vídeo-perfeição*: julgamento de todos os vídeos como ruins, imperfeitos, em se tratando de conteúdo ou forma;
5. *só-vídeo*: exibição do vídeo pelo vídeo sem a necessária discussão e integração com outros momentos da aula.

Dessa forma, deve-se pensar no vídeo, de acordo com as idéias de CARVALHO et al (1997), como um meio de comunicação visual através de uma tela com uma seqüência de imagens coerentes e bem apresentadas, sonorizadas, capazes de fazer com que o aluno construa conhecimento enquanto está assistindo ao vídeo, pois este tem grande poder de persuasão sobre ele.

A produção de um vídeo pressupõe que as pessoas envolvidas possuam conhecimento prévio sólido em relação ao que se pretende transmitir, e, ainda, certo grau de intimidade com o equipamento. Nesse sentido, é essencial a elaboração do roteiro que servirá como guia, tanto para orientar o operador da câmera, que deve estar ciente do que ocorrerá durante a atividade, como para o sucesso da produção do vídeo em si.

Ainda, FERRÉS (1996) sugere sete funções didática do vídeo:

1. *Função informativa – videodocumento*: o interesse do ato comunicativo centra-se no objeto da realidade a que se faz referência; a mensagem tem por finalidade fundamental descrever uma realidade o mais objetivamente possível na forma de um documentário.
2. *Função motivadora – videoanimação*: o interesse do ato comunicativo centra-se no destinatário, procurando atingir, de alguma maneira, sua vontade para aumentar as possibilidades de um determinado tipo de resposta.
3. *Função expressiva – criatividade e videoarte*⁸: o interesse do ato comunicativo centra-se no emissor, que manifesta na mensagem suas próprias emoções ou, simplesmente, a si mesmo.
4. *Função avaliadora – videoespelho*: o vídeo é usado para documentar experiências do próprio grupo e desencadear processos de análise sobre os sujeitos envolvidos no processo.
5. *Função investigativa*: uso em trabalhos de pesquisa em níveis sociológico, científico, educativo, entre outros; possibilita a aproximação, ampliação e registro do objeto de estudo.
6. *Função lúdica*: entende o vídeo como brinquedo, em que se acrescenta às funções anteriormente citadas a dimensão estética, a capacidade de gerar experiências totalizantes que sintetizam o inteligível e o sensível, o racional e o emotivo; o interesse está centrado no jogo, no entretenimento.
7. *Função metalingüística*: o interesse centra-se fundamentalmente no próprio código, como, por exemplo, o caso de um vídeo que ensinasse a produzir vídeo ou facilitasse a aprendizagem dessa forma de expressão.

A pesquisa acerca do potencial do vídeo didático ainda é insipiente. As funções propostas por FERRÉS não constituem, assim como as formas de utilização do vídeo, uma

⁸ A videoarte, também conhecida como videocriação ou arte do vídeo, foi idealizada originalmente pelo compositor coreano Nam June Paik (FERRÉS, 1996).

estrutura fechada em si mesma, podendo o vídeo desempenhar mais de uma dessas funções. O importante é se ter em mente critérios de utilização do vídeo na sala de aula, como a estrutura pedagógica adequada e a formação do professor que o utiliza, que não deve concebê-lo como substituto de si ou de outras ferramentas didáticas.

I. 3 – O VÍDEO E O ENSINO DE FÍSICA

O currículo de Física no Ensino Médio tem como objetivo a formação de cidadãos com uma cultura científica básica, de acordo com os documentos oficiais. Nesse sentido, REIF (1996, apud BARROS & ELIA, 1996) faz um confronto de critérios a serem atendidos ao pensar na elaboração de um currículo:

- a) *extensão versus intenção de conteúdos*: deveria o aluno confiar em um conjunto de fórmulas decoradas ou estar capacitado para raciocinar a partir de poucos princípios?
- b) *qualitativo versus quantitativo*: deveria o aluno se concentrar na resolução de modelos matemáticos ou também estar capacitado a utilizar um raciocínio qualitativo?
- c) *reflexão versus formalismo*: deveria o aluno manipular expressões algébricas ou também ser capaz de examinar criticamente suas implicações qualitativamente?
- d) *domínio conceitual versus operacionalização imediata*: deveria o aluno obter resultados ou também articular suas respostas com explicações científicas bem fundamentadas?

Raras são as oportunidades que os alunos têm de verificar o conteúdo que aprendem nas aulas de Física relacionadas com seu dia-a-dia, sonhando o caráter experimental dessa ciência. Há de se pensar então: vale a pena continuar ensinando dessa mesma forma? Deve-se permitir que os alunos fiquem sem saber para que eles aprendem os conceitos físicos em detrimento de um formalismo matemático rigoroso?

Dessa forma, a gravação em vídeo de um fenômeno físico é interessante porque possibilita ao assistente revê-lo tantas vezes quantas forem necessárias. Essa facilidade está associada à incorporação pelas escolas de aparatos como computadores e DVD *players* que reproduzem mídias digitais (CD ou DVD) com grande capacidade de gravação

de vídeos⁹, já que um arquivo de vídeo com duração aproximada de 1 min em boa qualidade tem 1,5 Megabyte. Além disso, mídias digitais são facilmente reproduzidas, característica do mundo tecnológico atual, o que facilita o uso e a manutenção desse recurso didático, se bem preparado, para que o professor se aproprie de forma útil e eficaz em suas aulas.

A utilização adequada do vídeo, segundo CARVALHO et al (1997), oferece ao professor de Física a possibilidade de avaliação apropriada da sua ação, e a identificação conveniente dos problemas enfrentados tais como: os conceitos físicos que não estejam claros, aqueles que merecem maior acompanhamento, a busca de estratégias para enfrentar tais problemas e a reavaliação da sua efetividade. O uso do vídeo na sala de aula visa a atender dois objetivos básicos: o conjuntural, pois é compatível com as condições existentes na escola atual; e o cognitivo, pois pode contribuir para uma efetiva aprendizagem dos conceitos físicos.

A tecnologia do vídeo, através dos computadores e das câmeras digitais, está atualmente ao alcance das pessoas. Um professor motivado pode, ao invés de realizar demonstrações em suas aulas, optar pela gravação em vídeo do fenômeno físico que deseja demonstrar.

Uma vez bem preparado, um vídeo pode ser utilizado tanto pelo professor que o desenvolveu quanto por colegas de trabalho que desejem enriquecer suas aulas com uma fenomenologia básica, no sentido de retroinformar para garantir mudanças no encaminhamento do ensino e ter grande eficácia no processo ensino aprendizagem da Física, afirmando seu papel como estratégia didática.

Um professor também pode estimular a produção audiovisual independente pelos seus alunos, através da realização de trabalhos de pesquisa, demonstrações experimentais, documentários, entre outros, usando o recurso do vídeo, como exemplifica CONDREY (1996).

⁹ Em geral, um CD tem capacidade de armazenamento de 700MB e um DVD de 4,7GB a 17GB. Além destes, há o *blu-ray disc*, com capacidade de 25GB a 100GB, e o HD DVD com 15GB a 90GB, porém, o alto custo dos aparelhos reprodutores e da própria mídia faz com que essa tecnologia ainda não seja utilizada em larga escala.

A produção de um vídeo didático científico, seja pelo professor ou seja pelo aluno, requer atributos como: conhecimento do conteúdo para refletir a organização e compreensão do fenômeno físico abordado; clareza de comunicação através da linguagem oral, escrita e adequação visual; explicação científica que evidencia a compreensão do conceito físico; ordenamento das idéias através de uma seqüência lógica que objetiva construção do conceito; entre outros.

O grande número de trabalhos de pesquisa dedicados ao laboratório ao longo dos últimos 50 anos, suas metodologias, formas de apresentação, etc., é um forte indicador do descontentamento que existe em relação aos resultados do processo ensino-aprendizagem nas aulas de laboratório de Física, como indicam BARROS & FILIPECKI (1999).

A utilização de demonstrações experimentais gravadas em vídeo é uma estratégia alternativa que permite ao professor discutir o fenômeno, as condições e grandezas físicas relevantes, os processos de interação, os dados obtidos, etc., fatores que dificilmente são discutidos na realização de uma atividade experimental pelo aluno ou de uma demonstração ao vivo pelo professor.

CAPÍTULO II

FÍSICA TÉRMICA

Este capítulo apresenta o principal conceito da Física Térmica, o calor, sob duas perspectivas. A primeira perspectiva apresenta uma evolução histórica ao longo dos séculos, das idéias iniciais sobre calor até o conceito científico que se entende hoje. Partindo da perspectiva histórica, apresenta-se a segunda perspectiva, de caráter didático, onde se faz uma reflexão sobre o papel do livro didático como ferramenta para o trabalho do profissional docente, e, finalmente, como exemplo, apresenta-se uma análise de como o conceito de calor é trabalhado em alguns livros didáticos tradicionais de Física para o Ensino Médio.

Tendo por base essas perspectivas, objetiva-se sugerir material escrito de Termologia de um livro didático para compor, juntamente com o vídeo, uma ferramenta didática para auxiliar o professor em sua prática.

II.1 – PERSPECTIVA HISTÓRICA

Para elucidar a evolução do conceito de calor, apresentam-se as diferentes teorias que ao longo dos tempos explicaram esse conceito até a teoria aceita atualmente.

PINHO (2000) situa na Grécia Antiga pensadores como Heráclito de Éfeso (535-470 a.C.) que considerou o fogo responsável por todas as transformações do universo, Platão (427-347 a.C.) que achou que o movimento produzia o calor de forma geral, e Aristóteles (384-322 a.C.) que defendeu a idéia do fogo contido em todas as substâncias combustíveis, se desprendendo apenas sob a forma de chamas.

No século XIII, Roger Bacon (1214-1294) atribuiu ao movimento interno das partículas do corpo a causa do calor, ainda que não estivesse muito claro em suas palavras se é o calor que é movimento ou se o movimento é que produz o calor, como aponta MENEZES (2005). Johannes Kepler (1571-1630) compartilhou das idéias de Bacon, porém

seu contemporâneo Galileu Galilei (1564-1642) considerou o calor como uma espécie de fluido. Para Francis Bacon (1561-1626) o calor era um movimento vibratório das partículas de um corpo; idéia essa compartilhada por Robert Boyle (1627-1691).

Nos séculos XVII e XVIII houve grandes avanços no campo da termometria com a finalidade de medir a temperatura do ser humano. Segundo HEWITT (1998), Fahrenheit (1686-1736), Reamur (1683-1757) e Celsius (1701-1744) melhoraram os termômetros líquidos e mediram temperaturas de pontos fixos, como, por exemplo, a ebulição da água. Joseph Black (1728-1799) estudou experimentalmente o comportamento do calor com o uso dos termômetros, elucidando a diferença entre temperatura e quantidade de calor, e fez estudos que lhe permitiram constatar a propriedade específica da matéria hoje conhecida como *calor específico*, chamada por ele de *capacidade para calor*.

Nessa época, era já conhecido o fato de que dois corpos que se encontram inicialmente com temperaturas diferentes evoluem suas temperaturas para uma de mesmo valor. Esse estado que os corpos atingem, chamado *equilíbrio térmico*, levou a pensar que eles possuíam alguma substância a qual o corpo de maior temperatura perdia e que o de menor temperatura ganhava, dando lugar a uma teoria do calor como matéria – substância trocada entre esses corpos. PINHO (2000) assinala que essa substância era um fluido invisível, elástico, penetrável em todas as substâncias, imponderável, e que não poderia ser criado e nem destruído. No final do século XVIII, o químico francês Antoine Lavoisier (1743-1795) a denominou *calórico*, presente em quantidades finitas em todos os corpos, chegando a incluí-lo na lista de elementos químicos conhecidos.

Posteriormente, Sadi Carnot (1796-1832) chegou a fazer a analogia do calor como fluido com o comportamento semelhante ao escoamento da água entre dois recipientes conectados com diferentes alturas da coluna de água até que o mesmo nível fosse atingido nos recipientes.

A existência do calórico permitiu explicar algumas das observações feitas. Um corpo com maior quantidade de calórico transfere uma parte deste para outro corpo com menor quantidade, até que se estabelecesse o equilíbrio térmico, e por conseqüência, cessando o

fluxo de calórico. O calórico era associado à temperatura de um corpo. Quanto maior fosse a temperatura de um corpo, mais calórico ele teria no seu interior, e vice-versa.

Para explicar a dilatação térmica, o calórico entraria num corpo que estaria sendo aquecido, abrindo espaço entre seus constituintes, e, desse modo, provocaria o aumento de duas dimensões. Propriedades relacionadas com absorção de energia térmica por diversos materiais eram explicadas pela quantidade de calórico que o corpo teria em função de sua composição. Assim, massas iguais de água e de cobre que se encontram a uma mesma temperatura conteriam diferentes quantidades de calórico.

No entanto, no início do século XVIII, já se argumentava a questão da produção de calor ao se atritar dois corpos como possível resultado de um minúsculo movimento de vibração das partículas, como menciona MENEZES (2005). Os defensores da teoria material explicavam esse fenômeno como o calórico contido nos corpos sendo espremido para fora. Lavoisier (1743-1795) e Laplace (1749-1782) tentaram conciliar as duas teorias, afirmando que ambas poderiam explicar a natureza do calor. Mas, segundo PINHO (2000), o próprio Lavoisier fez medidas precisas de massa de um sistema antes e após a combustão e verificou que ela era constante, o que contestava, de certa forma, a materialidade do calor.

O engenheiro americano Benjamim Thompson (1753-1814), conhecido como Lord Rumford, a serviço do exército alemão, observou que um cano de canhão se aquecia ao ser perfurado, e atribuiu este fato à limalha solta durante a perfuração, que liberaria o calórico. Mas quando a broca estava cega e não conseguia perfurar o cano, não produzindo limalha, o sistema continuava aquecendo da mesma forma, resultando em uma grande quantidade de calor.

Em 1798 Rumford fez um experimento em praça pública utilizando uma ferramenta cega que girava sobre uma superfície metálica lisa durante horas seguidas sem produzir partícula alguma de metal, o calor produzido era tanto que a água utilizada para resfriar o sistema entrava em ebulição, o que levou ao abandono da teoria do calórico. Nesse mesmo ano, Rumford comunicou à Royal Society inglesa que, “*ao raciocinar sobre esse assunto,*

não se deve esquecer de considerar a circunstância mais notável: a fonte de calor gerado por atrito em sua experiência era visivelmente inexaurível". Os resultados de Rumford foram praticamente ignorados pouco depois da sua morte em 1814.

Em meados do século XIX, Julius Mayer (1814-1878) sugeriu que calor e trabalho eram equivalentes e poderiam se transformar um no outro.

"Mayer, em 1842, conclui que calor e trabalho são manifestações de energia e elabora uma síntese colocando que a energia criada não pode ser destruída, aniquilada, mas apenas mudar de forma. Abrangendo trocas de trabalho e calor, a energia mostrou-se uma quantidade que se conserva em todos os processos, constituindo outro grande invariante, ao lado das quantidades de movimento, outra grande unificação da física." (MENEZES, 2005)

A seguir, James Joule (1818-1889) fez medidas do equivalente trabalho-calor, que contribuiu definitivamente para derrubada da teoria do calórico, concluindo que o trabalho mecânico é responsável pelo aparecimento do calor, como no ato de perfurar os canhões segundo as idéias de Rumford.

Joule realizou um experimento (Figura II.1) que envolvia a queda de um corpo que fazia girar uma haste com pás dentro de um recipiente com água; que se aquecia, pois esta efetuava um trabalho ao resistir ao movimento das pás. A operação foi repetida inúmeras vezes e a temperatura da água foi determinada com auxílio de um termômetro muito sensível, capaz de detectar diferenças de temperatura de 1/100 de grau Fahrenheit.

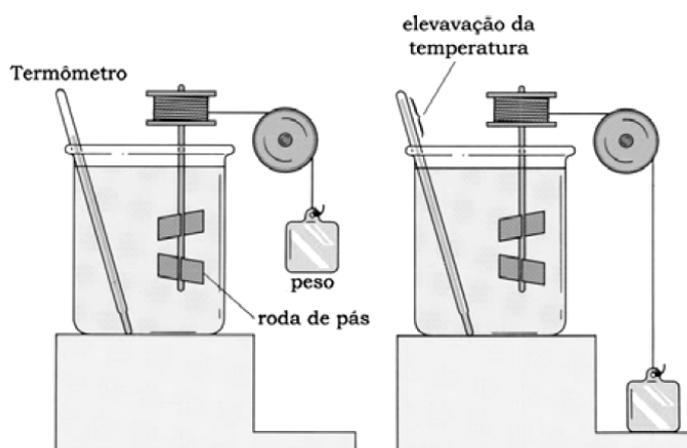


Figura II.1 – Esquema didático do experimento de Joule

Os resultados experimentais da conversão de diversas formas de energia em calor obtidos por Joule no período de 1837 a 1847 mostraram que a hipótese de Mayer era coerente: dada quantidade de energia sempre fornecia a mesma quantidade de calor, não importando a maneira como esta energia era produzida. A constante de proporcionalidade determinada por Joule ficou conhecida como equivalente mecânico do calor, em que 4,18 joules correspondem a 1 caloria.

O contexto social e econômico favorecia o avanço do conhecimento físico, de maneira que a ciência relacionada ao calor evoluiu ao mesmo tempo em que o capitalismo de consolidou na Inglaterra na segunda metade do século XVIII. Com a Revolução Industrial, houve mudança no modo de produzir bens com a incorporação das máquinas a vapor à indústria, o que contribuiu para grandes transformações sociais e tecnológicas, aponta MENEZES. A união entre técnicos e cientistas para o entendimento da ciência do calor, indispensável para melhorar a potência das máquinas térmicas que produziam muito calor com pouco rendimento, possibilitou o estabelecimento das leis da termodinâmica.

II.2 – PERSPECTIVA DIDÁTICA

“Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação”. BRASIL (2000)

A sociedade do século XXI é dominada pela cultura científica e tecnológica. Logo, para que uma pessoa seja capaz de atuar nessa sociedade, é importante que possua um conhecimento científico básico.

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases 9394/96, Art. 2º, “a educação [...] tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 2007). Isto leva a se pensar na importância de um enfoque conceitual para além do formal, de uma equação matemática.

O estudo do conceito de calor é importante para desenvolver competências que permitam lidar com fontes de energia, processos e propriedades térmicas de diversos materiais, além das variações climáticas e ambientais como o efeito estufa, alterações na camada de ozônio e a inversão térmica, fornecendo elementos para avaliar como o homem intervém sobre essas mudanças. O cidadão do século XXI não pode manter seus olhos fechados para questões ambientais, já que sua própria existência depende de sua educação científica.

Como exemplo, o tema estruturador *calor* sugerido pelo PCN+ (BRASIL, 2006), um dos seis temas da Física, possui quatro unidades temáticas. A primeira unidade trabalha fontes e trocas de calor, propriedades térmicas das substâncias em diferentes situações, e processos de propagação do calor. A segunda aborda as tecnologias que usam o calor, como motores e refrigeradores, o calor como forma de dissipação de energia e a irreversibilidade de certas transformações. A terceira trabalha o calor na vida e no ambiente do homem, seu papel na origem e manutenção da vida, na dinâmica dos fenômenos climáticos. A última unidade generaliza e sugere o estudo da produção das formas de energia para uso social.

Tendo por base esses temas norteadores, deve-se dar importância a uma abordagem conceitual e histórica do conceito de calor e modelos explicativos sobre seu trânsito na matéria, e menos ênfase, por exemplo, à construção de escalas e funções termométricas e ao tratamento matemático da dilatação térmica.

Portanto, é necessária uma reflexão sobre o papel do livro didático de Física no Ensino Médio e como ele trata dos conceitos relacionados à Termologia nos capítulos dedicados a essa área.

II.2.1 – O Livro Didático

O livro didático tem sido objeto de estudo para pesquisadores da área de Ensino de Ciências. O quadro atual do Ensino de Física no Brasil se apresenta com uma grade composta de um pequeno número de aulas por semana e escasso tempo de planejamento, fundamental para a qualidade do trabalho do professor. Tendo em vista a política de baixos salários praticada no país, o professor tem necessidade de excessiva carga de aulas semanais. Tal quadro conduz a uma reflexão sobre os livros adotados e sua utilização em sala de aula, entre outros fatores.

Em recente trabalho, NETO & FRACALANZA (2003) apresentam uma análise do discurso dos professores de ciências quanto ao uso que alegam fazer do livro didático, chegando a três categorias:

- a) uso simultâneo de várias coleções didáticas, de editoras ou autores distintos, para elaborar o planejamento anual de suas aulas e para a preparação das mesmas ao longo do período letivo;
- b) livro didático utilizado como apoio às atividades de ensino-aprendizagem, seja no magistério em sala de aula, seja em atividades extra-escolares, visando especialmente a leitura de textos, realização de exercícios e de outras atividades, ou ainda, como fonte de imagens para os estudos escolares, aproveitando fotos, desenhos, mapas e gráficos existentes;
- c) livro didático utilizado como fonte bibliográfica, tanto para complementar seus próprios conhecimentos, quanto para a aprendizagem dos alunos, em especial na realização das chamadas “pesquisas” bibliográficas escolares.

Estes grupos não diferem muito quando se pensa em professores de Física no Ensino Médio. A realidade escolar atual faz com que muitos deles, com o objetivo de cumprir o programa curricular tradicional, abram mão do livro didático que traz uma carga excessiva de informações e exercícios, não condizentes com a carga horária durante o ano letivo. Alguns, ao não fazerem uso do livro, preparam seu próprio material.

Não se nota mudança substancial nas últimas décadas quanto ao conhecimento científico contido nos livros didáticos de Física, que enfatizam sempre o produto final da atividade científica. Em sua grande maioria, os livros ainda apresentam uma estrutura programática tradicional, mesmo quando na capa afirmam estar de acordo com os PCNs.

As novas edições de alguns poucos livros introduzem capítulos como análise dimensional e hidrodinâmica. Em geral, esses mesmos livros também trazem capítulos relacionados à física moderna. Apesar da tentativa de modernização dos manuais didáticos de Física, a maioria realça o processo de produção científica empírico-indutivista em detrimento da apresentação da diversidade de métodos e ocorrências da construção histórica do conhecimento científico.

Segundo AMARAL & MEGID NETO (1997), os livros escolares utilizam quase exclusivamente o presente atemporal (presente do indicativo) para veicular os conteúdos, que, por conseqüência, transparecem como verdades absolutas, nunca refutáveis.

Com a finalidade de estudar as questões apresentadas nos três parágrafos anteriores, se analisou como alguns livros didáticos desenvolvem os conceitos relacionados à Física Térmica. PEREIRA & CARDOSO (2005) fizeram essa análise tendo por base apenas livros didáticos seriados, em que o volume 2 de todas as coleções é o que contém a unidade de Termologia.

II.2.2 – Livros Analisados

A) Curso de Física

O livro de ALVARENGA & MÁXIMO (2000) divide a Termologia em duas grandes unidades de estudo: Temperatura – Dilatação – Gases (unidade 5), e Calor (unidade 6). A unidade 5 se inicia com o capítulo intitulado Temperatura e Dilatação, apresentando as escalas Celsius e Fahrenheit não como definições, mas como fruto do desenvolvimento do conhecimento humano. O final do capítulo contém como tema especial breve histórico acerca de termômetros e escalas. O capítulo seguinte, Comportamento dos Gases, além do conteúdo sobre gases em si, apresenta ao final a evolução do modelo molecular da matéria,

partindo das primeiras idéias na Grécia Antiga até Einstein. A unidade 6 difere dos outros livros didáticos tradicionais logo no primeiro capítulo intitulado Primeira Lei da Termodinâmica, que aborda a evolução da teoria do calor, da teoria do calórico à teoria do calor como forma de energia, apresentando desde as idéias de Rumford até a determinação do equivalente mecânico do calor por Joule. O capítulo prossegue com o estudo dos processos de transferência de calor e sua medida propriamente dita (calor sensível). A partir daí, o capítulo trata da Termodinâmica em si, tema da unidade. A experiência de Joule para determinação de $1 \text{ cal} = 4,2\text{J}$ é descrita em duas páginas, encerrando o capítulo. Como tema especial apresenta Máquinas Térmicas – a Segunda Lei da Termodinâmica; e alguns apêndices, a destacar princípio do aumento da entropia e a morte térmica do universo, que em livros tradicionais apenas são mencionados. O último capítulo dessa unidade é totalmente dedicado a Mudanças de Fase.

B) Tópicos de Física

O livro de DOCA, BISCUOLA & VILLAS BÔAS (2001) apresenta como tópico 1 a termometria, e, no final do capítulo, uma leitura sobre a história dos termômetros. Em relação à teoria do calor, tópico 2, os autores apresentam a definição de tal conceito como verdade conhecida. Logo em seguida, explica os processos de transferência de calor. No tópico 3, são abordados calor sensível e calor latente, assim como trocas de calor.

C) Aprendendo Física¹⁰

O livro de CHIQUETTO, VALENTIM & PAGLIARI (1996) inicia o capítulo 1, intitulado Calor e Princípio da Conservação da Energia, com breve descrição sobre energia, apenas mencionando os nomes de Joule e Mayer como cientistas que atribuíram a diminuição da energia mecânica em virtude do atrito à transformação em calor. Define temperatura mencionando o termômetro de Galileu e apresenta um histórico da evolução da teoria

¹⁰ Este livro não é mais editado pela editora Scipione, porém, ele foi analisado por se tratar de um livro tradicional de ensino médio, e que ainda se encontra disponível para venda em livrarias. Atualmente, a editora trabalha com um volume único de Física da coleção novos tempos do autor Marcos José Chiquetto, além das coleções de ALVARENGA & MÁXIMO (2000) e de GONÇALVES & TOSCANO (1999), ambas analisadas neste trabalho.

acerca do conceito de calor, partindo da teoria do calórico, descrevendo a experiência de Joule. Por fim, apresenta o modelo cinético do calor. Nesta parte, os autores elucidam a idéia de que um modelo teórico pode ser refutável, mas que, mesmo não explicando tudo, pode ser considerado satisfatório quando dá conta de muitos fenômenos e por este motivo é adotado. Somente no capítulo 2 os autores abordam a parte quantitativa: a medida de temperatura, escalas termométricas, processos de propagação do calor e a medida da quantidade de calor. No capítulo 3 trabalham mudanças de fase. Ambos os capítulos são apresentados de forma tradicional.

D) Física e Realidade

GONÇALVES & TOSCANO (1999) iniciam o capítulo 1 abordando historicamente a teoria do calor como substância e a teoria do calórico, apresentando em seguida os conceitos de temperatura e energia interna a partir da teoria cinético-molecular da matéria. Definem em seguida calor, relacionando-o com trabalho, diferenciam calor e temperatura, e discutem os processos de propagação do calor. No capítulo 2, apresentam estudo da medida da quantidade de energia na forma de calor, seja na forma sensível ou latente. Definem o equivalente mecânico do calor sem qualquer referência histórica à experiência de Joule. Somente no capítulo 3, intitulado Máquinas Térmicas, os autores descrevem a experiência de Joule.

E) Física para o Ensino Médio

No primeiro capítulo do livro de GUIMARÃES E FONTE BOA (2004), intitulado Temperatura, são apresentadas as escalas termométricas Celsius e Kelvin com uma descrição histórica, e, ainda, os autores discutem o modelo molecular da matéria. No capítulo 2, destinado ao estudo do calor, discutem a evolução da teoria do calor em 4 páginas, destacando desde a idéia do flogístico e do calórico até chegar a Lavoisier, Rumford, Mayer e Joule, apresentando sucinta descrição da experiência de Joule para determinação do equivalente mecânico do calor. O capítulo é encerrado com as formas de

propagação do calor. O capítulo 3 é dedicado ao estudo da medida da quantidade de calor em si, e o capítulo 4 às trocas de calor. No capítulo 5 os autores tratam da dilatação térmica.

F) Física

A unidade de Termologia apresenta estrutura tradicional no livro de PARANÁ (1998) – termometria, dilatação e calorimetria – que dedica os três parágrafos iniciais para uma discussão histórica sobre a necessidade de medir temperatura. Ao apresentar as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin no capítulo 1, mencionam, de forma singela, a época em que cada um viveu e sua contribuição para a ciência. O capítulo 2 trata de dilatação térmica e no capítulo 3 os autores discutem o conceito de calor, citando os trabalhos de Black, Rumford, Joule e Kelvin de forma breve. A experiência de Joule figura em meia página e de forma completamente dogmática. O capítulo 4 trata de mudanças de fase, assim como do estudo das trocas de calor.

G) Fundamentos da Física

No primeiro capítulo do livro de RAMALHO JUNIOR, FERRARO & TOLEDO (2003), intitulado Conceitos Iniciais, são definidos calor e energia interna. O capítulo 2 de termometria apresenta breve comentário sobre o termômetro de Galileu e, ao final, apresenta uma leitura de uma página sobre a história dos termômetros e das escalas termométricas. O capítulo 3 apresenta a dilatação térmica dos sólidos e líquidos. O capítulo 4, dedicado ao conceito de calor, apresenta novamente o conceito de calor, e, em seguida, o equivalente mecânico do calor sem qualquer referência à experiência de Joule. O capítulo aborda a medida da quantidade de calor sensível e latente e as trocas de calor entre corpos. Ao final, apresenta uma leitura de uma página sobre a evolução do conceito de calor, partindo de Aristóteles até chegar a Lavoisier, Laplace, Black, e, finalmente, Rumford e Joule. Os capítulos 5 e 6 são dedicados a mudanças de fase, e no capítulo 7 o livro aborda a propagação do calor. Nos capítulos 8 e 9, os autores apresentam a termodinâmica. Este

livro apresenta estrutura tradicional e preza por excessiva quantidade de exercícios resolvidos e a resolver.

II.2.3 – Discussão

Apenas os capítulos relacionados à Física Térmica foram analisados, e, portanto, não se deve tomar a discussão feita como característica de toda coleção de cada livro.

O livro de ALVARENGA & MÁXIMO (2000) apresenta o desenvolvimento das idéias a cerca da teoria do calor, tanto ao longo do texto como ao final do capítulo, ou ainda, em locais diferentes como, por exemplo, a experiência de Joule citada no primeiro capítulo e explicada no capítulo seguinte. De qualquer forma, os autores parecem considerar importante que o estudante tenha conhecimento sobre a evolução das idéias em relação ao conceito de calor.

DOCA, BISCUOLA & VILLAS BÔAS (2001) não apresentam qualquer abordagem histórica ao longo dos capítulos relacionados à Termologia. A relação joule-caloria não leva em conta a experiência de Joule, sendo apresentada como definição, uma relação escolhida arbitrariamente.

O livro de CHIQUETTO, VALENTIM & PAGLIARI (1996) faz algumas abordagens históricas sobre o calor, assim como o de GUIMARÃES E FONTE BOA (2004), sendo o primeiro o único que discute o desenvolvimento de um modelo, sua pertinência e refutabilidade. O modelo molecular da matéria, motivo da teoria do calórico não mais dar conta dos fenômenos térmicos, necessário para compreender o calor como forma de energia, é abordado em todos os livros citados acima, mas só ALVARENGA & MÁXIMO (2000) o discutem de forma detalhada.

PARANÁ (1998) apresenta breves considerações a cerca da história de conceitos relativos ao calor, enquanto GONÇALVES & TOSCANO (1999) sequer apresentam abordagem histórica. O livro de RAMALHO JUNIOR, FERRARO & TOLEDO (2003) traz a história da teoria do calor ao final do capítulo, como leitura complementar, sem fazer referência à experiência de Joule ao apresentar a relação joule-caloria. O livro de

ALVARENGA & MÁXIMO (2000) é o único que não define 1 caloria como 4,2 joules, e mostra que essa constante não é aleatória, mas sim resultado do desenvolvimento científico da época.

Considera-se necessária a apresentação da evolução da teoria do calor nos textos dos livros didáticos de Física do Ensino Médio ao estudar a unidade de Física Térmica. Calor não deve ser tratado como definição, mas sim como um conceito, ou seja, uma idéia construída historicamente, refutável e mutável, de acordo com novos modelos propostos e que satisfaçam a compreensão dos fenômenos relacionados. Trabalhado desta forma, o estudante é levado a perceber que em ciência não há verdades absolutas.

A evolução das idéias acerca do conceito de calor nos livros didáticos de Física do Ensino Médio aparece categorizada da seguinte forma: trabalhada ao longo da unidade de Termologia à medida que apresenta os conteúdos; apresentada como introdução da unidade de Termologia ou do capítulo relativo a calor em si; apresentada como leitura ao final de um dos capítulos da unidade, em geral, o de calor.

Quando essa evolução figura como introdução ou ao final do capítulo, há risco dos professores a deixarem de lado, ao considerar que este local é destinado a temas facultativos. E ainda, não se cria nenhum vínculo entre o conceito de calor abordado no capítulo com o desenvolvimento das idéias historicamente, quando apresentado nestes espaços do livro.

Esta situação é mais grave quando os textos definem o equivalente mecânico do calor sem fazer qualquer referência histórica com a experiência de Joule para a determinação dessa relação, e, por isso, alguns livros sequer mencionam a expressão equivalente mecânico do calor.

Nesse contexto, o livro de ALVARENGA & MÁXIMO (2000) é o que parece melhor se adequar conceitualmente ao objetivo deste trabalho, associado ao uso do vídeo sobre conceitos de Física Térmica.

CAPÍTULO III

DESENVOLVIMENTO DO VÍDEO

Neste capítulo é descrito o histórico do desenvolvimento do vídeo didático *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica*, desde a versão piloto até a versão final, apresentado suas características, a estrutura de cada demonstração que compõe o vídeo e a estrutura das Fichas do Aluno do Guia de Acompanhamento do Vídeo.

III.1 – VERSÃO PILOTO

A idéia de fazer um vídeo didático sobre conceitos relacionados à Termologia surgiu da experiência de elaboração de um vídeo didático de eletrodinâmica durante a realização do projeto final do curso de graduação em Licenciatura em Física na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), devido à pertinência de tal tema e do potencial em se construir material audiovisual com características específicas.

Em 2001, foi realizado um levantamento bibliográfico de trabalhos acadêmicos com finalidade de estruturar as idéias que norteariam o roteiro do vídeo, a saber: BARROS et al (1986), DRIVER & EASLEY (1978), DRIVER & ERICKSON (1983), ERICKSON & TIBERGHIEEN (1985), GOLDSTEIN & GOLDSTEIN (1980), TIBERGHIEEN (1985) e YEO & ZADNIK (2001).

Fez-se um levantamento dos conceitos básicos para a compreensão dessa área da Física, como, por exemplo, equilíbrio térmico, temperatura versus calor, natureza do calor, propagação do calor, pontos fixos, entre outros, e que poderiam ser demonstrados experimentalmente e gravados em vídeo.

Os resultados encontrados nesses trabalhos indicaram os conceitos a serem trabalhados nas demonstrações experimentais, que tinham como título uma pergunta de caráter instigador sobre o respectivo conceito físico (Figura III.1).

- A) Modelo do calor: matéria x energia
 - A1) Calor pode ser de natureza material?
 - A2) Calor pode ser associado a alguma forma de energia?
- B) Grandezas intensivas e extensivas: temperatura e calor
 - B1) Que tipo de grandeza física é a temperatura?
 - B2) Que tipo de grandeza física é a capacidade térmica?
- C) Condutores e isolantes térmicos
 - C1) Fronteiras de um sistema: paredes condutoras e isolantes
- D) Propagação do calor
 - D1) Condução: como o calor se propaga através dos sólidos?
 - D2) Convecção: como o calor se propaga nos líquidos e gases?
 - D3) Radiação: Como o calor do sol chega à terra?
- E) Termômetro x sensação térmica
 - E1) Podemos confiar na sensação do tato para conhecer a temperatura de um corpo?
- F) Dilatação térmica dos sólidos
 - F1) As dimensões de um corpo dependem de sua temperatura? (1)
 - F2) As dimensões de um corpo dependem de sua temperatura? (2)
- G) Trocas de calor / Equilíbrio térmico
 - G1) Qual a temperatura final de uma mistura?
 - G2) A quantidade de calor está relacionada com a massa?
 - G3) A quantidade de calor está relacionada com a substância?
- H) Curva de aquecimento da água: mudanças de estado

Figura III.1 – Títulos das demonstrações da versão piloto do vídeo

O vídeo foi idealizado como um conjunto de demonstrações experimentais controladas e sem qualquer áudio, com a finalidade de apropriação por parte do professor desse material, que pode utilizar sua própria linguagem ao exibir o vídeo e criar a dinâmica de exibição que julgue mais eficiente em suas aulas.

PEREIRA & BARROS (2001) produziram uma primeira versão do vídeo, intitulado *Demonstrações sobre Conceitos Básicos de Física Térmica* com recursos domésticos. A filmagem foi realizada ao longo de três dias, sem fazer uso de recursos de iluminação, apenas com a preocupação de melhor aproveitamento da luz natural, utilizando-se uma câmera filmadora VHS-C de forma linear, sem qualquer recurso de edição, a não ser *fade in* e *fade out* disponíveis na própria câmera, que permitem uma transição suave entre duas cenas, inserindo uma tela escura ao final da primeira cena que gradativamente dá lugar à cena subsequente. Isto fez com que a legenda necessária às cenas, como, por exemplo, indicações de temperatura, nomes dos materiais utilizados, entre outros, fosse substituída por cartões de cartolina com a devida indicação, como mostrado na Figura III.2.



Figura III.2 – Exemplo de legenda da versão piloto do vídeo

Em 2002, esse vídeo foi apresentado a um grupo de trinta estudantes da segunda série do ensino médio de uma escola pública estadual no Rio de Janeiro, que preencheram um conjunto de fichas relacionadas às demonstrações, que solicitavam deles a anotação de dados e/ou situações explicitadas. Para estudar o efeito do vídeo, PEREIRA & BARROS (2003) elaboraram um teste conceitual que foi aplicado antes e após os alunos assistirem ao vídeo.

III.2 – VERSÃO FINAL

A experiência com a produção piloto do vídeo e sua aplicação permitiu constatar o potencial de um material didático que dava conta tanto de aspectos pedagógicos, uma vez que trouxe para a sala de aula a fenomenologia da Física Térmica, assim como de aspectos motivacionais e disciplinares, pois o grupo de estudantes assistiu ao vídeo com total atenção, interagindo entre eles e com o professor, solicitando repetição de algumas demonstrações e preenchendo todas as fichas.

Essa reflexão fez com que em 2004 se retomasse o processo de produção do vídeo, face à possibilidade de uma parceria com o Centro de Educação à Distância do Rio de

Janeiro (CEDERJ), através do Laboratório Didático do Instituto de Física (LADIF) da UFRJ, que apoiou o projeto de uma nova produção do vídeo, tendo em vista sua utilização como material didático em uma disciplina de Física básica dos cursos de licenciatura à distância da Fundação CECIERJ / Consórcio CEDERJ. O LADIF possui uma ilha de edição não linear, câmeras de vídeo digital (mini-DV e DV), assim como alguns recursos de ambientação e iluminação. A produção contou ainda com o apoio do técnico de audiovisual do LADIF, que possui vasta experiência em produção e edição de vídeos.

Durante aproximadamente um mês do ano de 2004 foram realizadas as filmagens de todas as demonstrações que compõem o vídeo intitulado *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica* em uma sala do LADIF. O Apêndice I contém as cenas básicas de cada demonstração, que estão listadas a seguir:

- | |
|---|
| <p>A1) Natureza do Calor: calor como matéria
 A2) Natureza do Calor: calor como forma de energia
 B1) Temperatura: grandeza intensiva
 B2) Capacidade térmica: grandeza extensiva
 C) Condutores e Isolantes Térmicos
 D) Trocas de Calor (I e II)
 E) Mudanças de Estado
 F) Dilatação Térmica
 G1) Propagação do Calor: Condução
 G2) Propagação do Calor: Convecção
 G3) Propagação do Calor: Radiação</p> |
|---|

Figura III.3 – Títulos das demonstrações da versão final do vídeo



Figura III.4 – Exemplo de legenda da versão final do vídeo

Ao longo de aproximadamente dois meses realizou-se a etapa de edição do vídeo, onde se utilizou o programa de edição não-linear *Adobe Premiere*.

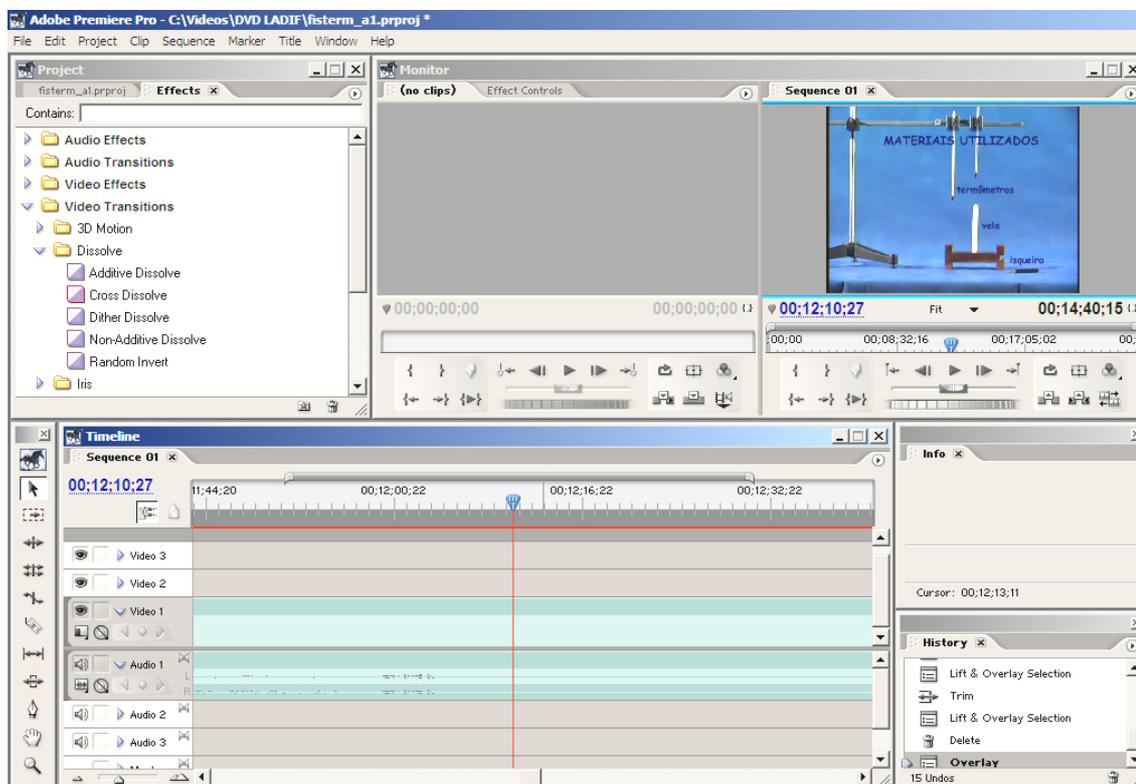


Figura III.5 – Programa de edição *Adobe Premiere*

A versão final preliminar do vídeo foi concluída em 2004 e distribuída em CD pelo CEDERJ, juntamente com o caderno didático, aos alunos dos cursos de Física básica das licenciaturas de ciências, que, ao trabalharem com o vídeo, acharam que ele apresentava algum problema em relação ao áudio, pelo fato de ser completamente mudo.

Para resolver esta questão e, ainda, atrair a atenção do expectador quanto às grandezas físicas (por exemplo, temperatura) ou situações (por exemplo, deformação de um objeto) que se deseja controlar, optou-se pela inserção de uma locução resumida, que foi adaptada ao roteiro original do vídeo, na etapa de edição.

A versão final, agora com áudio, foi concluída no final de 2004, dando origem a um CD do vídeo acompanhado do Guia de Acompanhamento, que é uma adaptação das fichas utilizadas na aplicação piloto.

Neste mesmo ano, o vídeo em conjunto com o Guia foi aplicado a dois grupos, utilizando estratégias diferenciadas. O grupo I, constituído de 13 alunos de um curso de Física universitário introdutório, assistiu ao vídeo e preencheu a parte das fichas relacionada ao registro de observação em sala de aula, juntamente com o professor. As dúvidas dos alunos foram discutidas entre eles e com o professor. As perguntas conceituais das Fichas foram respondidas individualmente em casa. O grupo II, constituído de 7 alunos da segunda série do Ensino Médio, realizou a atividade individualmente, como estudo independente, com preenchimento completo do Guia de Acompanhamento, em casa, utilizando um computador ou um dvd player para reprodução da cópia do vídeo disponibilizada em CD.

Essas aplicações, estudadas por PEREIRA, FILIPECKI & BARROS (2005), levaram a se pensar no vídeo *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica* como principal elemento deste trabalho, onde se sugere que o planejamento do professor englobe o uso desse material.

III.2.1 – Características do Vídeo

O vídeo *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica* apresenta características próprias, não comuns à maioria dos vídeos didáticos. Trata-se de um material didático audiovisual com produção focada em sua utilização na sala de aula, composto de um conjunto de demonstrações experimentais de fenômenos simples, cada uma relacionada a um conceito básico da Física Térmica, nas quais são destacados os materiais utilizados, as interações com o sistema, as condições da experiência e os dados.

Cada demonstração trabalha apenas um conceito de forma a fazer com que o aluno seja envolvido em uma estratégia do tipo observação – registro – pergunta – explicação, levado a construir ou re-significar o respectivo conceito. As situações filmadas podem

substituir parcialmente demonstrações ao vivo em sala de aula, na qual o professor é o principal veículo de comunicação.

Portanto, o vídeo pode ser classificado como monoconceitual ao trabalhar nas demonstrações um único conceito específico de modo claro e elucidativo, e, por este motivo, estas são curtas, da ordem de dois minutos em média e com locução resumida, para que o professor possa se apossar da forma que melhor lhe convenha.

Para MALLAS (1979), o vídeo monoconceitual, ao desenvolver apenas um conceito, *“um aspecto parcial e concreto de um tema, um fato ou um fenômeno, limitando-se a um assunto muito específico, tende a facilitar sua compreensão ou aprendizagem de uma maneira intuitiva”*.

Tendo em vista essa facilidade, a mínima locução que o vídeo apresenta, sendo mudo durante certo tempo em alguns casos, se justifica pelo fato da informação transmitida não precisar de palavras. De acordo com MARTIRANI (1998), *“em certas ocasiões a informação transmitida por um vídeo monoconceitual se justifica por si mesma”*.

De acordo com a classificação de FERRÉS (1996), o vídeo desenvolvido desempenha as seguintes funções no processo de ensino-aprendizagem: a função informativa, à medida que apresenta um fenômeno real com locução explicativa inicial a cerca dos conceitos envolvidos; a função motivadora, tendo em vista que seu desenvolvimento tem como interesse do ato comunicativo o destinatário, ou seja, o aluno; e a função investigativa, já que aproxima e amplia o objeto de estudo para o estudante.

III.2.2 – Estrutura do Vídeo

O vídeo tem duração de 20 minutos, sendo composto de 11 demonstrações, apresentadas na Tabela III.1 a seguir com suas respectivas durações, que possuem uma estrutura básica de cenas.

Optou-se pela construção do roteiro na forma de *storyboard*, já que cada demonstração tem duração da ordem de poucos minutos e trabalha apenas um conceito físico. O *storyboard* é um roteiro desenvolvido na forma de desenhos em quadrinhos para visualização de algo que será realizado em outro meio, e foi originalmente criado para filmes de animação e depois teve sua utilização expandida para todo tipo de produção audiovisual.

Tabela III.1 – Demonstrações que compõem o vídeo

CÓDIGO	TÍTULO	DURAÇÃO
A1	Natureza do Calor: calor como matéria	1 min 26 s
A2	Natureza do Calor: calor como forma de energia	2 min 05 s
B1	Temperatura: grandeza intensiva	0 min 45 s
B2	Capacidade térmica: grandeza extensiva	1 min 58 s
C	Condutores e Isolantes Térmicos	2 min 20 s
D	Trocas de Calor (I e II)	1 min 52 s
E	Mudanças de Estado	2 min 03 s
F	Dilatação Térmica	1 min 48 s
G1	Propagação do Calor: Condução	3 min 05 s
G2	Propagação do Calor: Convecção	1 min 52 s
G3	Propagação do Calor: Radiação	0 min 40 s

O vídeo tem uma tela inicial com o título geral *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica*, apresentando logo em seguida o índice das demonstrações que compõem o vídeo e serão apresentadas, conforme a Figura III.6 abaixo.



Figura III.6 – Tela de abertura do vídeo e índice das demonstrações

Cada demonstração apresenta a seguinte seqüência: título; materiais utilizados; condições iniciais; fenômeno demonstrado; e créditos finais. Como exemplo, encontra-se a seguir, na Figura III.7, o roteiro em forma de *storyboard* comentado para a demonstração G2.

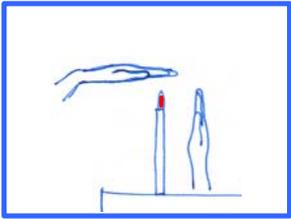
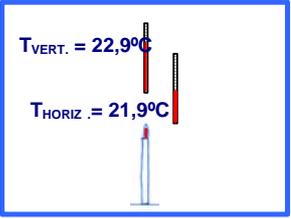
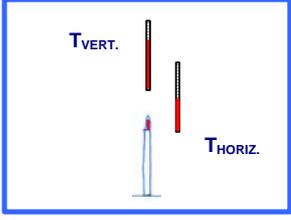
CENA	IMAGEM	DESCRIÇÃO	ELEMENTO GRÁFICO		LOCUÇÃO
			Nº	TÍTULO	
I		Título da demonstração	01	G – PROPAGAÇÃO DO CALOR G2) Convecção	—
II		Um dos dedos da mão de uma pessoa é colocado acima e depois ao lado da chama de uma vela; acima não fica por muito tempo.	—	—	Por que o dedo consegue ficar por um longo tempo na lateral da chama mas não em cima?
III		Tomada do conjunto dos materiais utilizados	02	MATERIAIS UTILIZADOS vela termômetros isqueiro	—
IV		Medida da distância dos termômetros até o pavio. Medida das temperaturas iniciais acima e lateral.	03	$d_{\text{HORIZ.}} = 4\text{cm}$	—
			04	$d_{\text{VERT.}} = 4\text{cm}$	
			05	$T_{\text{HORIZ.}} = 21,9^{\circ}\text{C}$	
			06	$T_{\text{VERT.}} = 22,9^{\circ}\text{C}$	
V		Acende a vela, e após certo intervalo de tempo, faz-se a medida das temperaturas finais acima e lateral.	07	$T_{\text{HORIZ.}}$	Veja como evolui a temperatura em cada termômetro.
			08	$T_{\text{VERT.}}$	

Figura III.7 – Exemplo de *storyboard* comentado para a demonstração G2

Na Figura III.8 apresenta-se como exemplo a seqüência de cenas produzidas para a demonstração G2, utilizando o *storyboard* apresentado na Figura III.7.

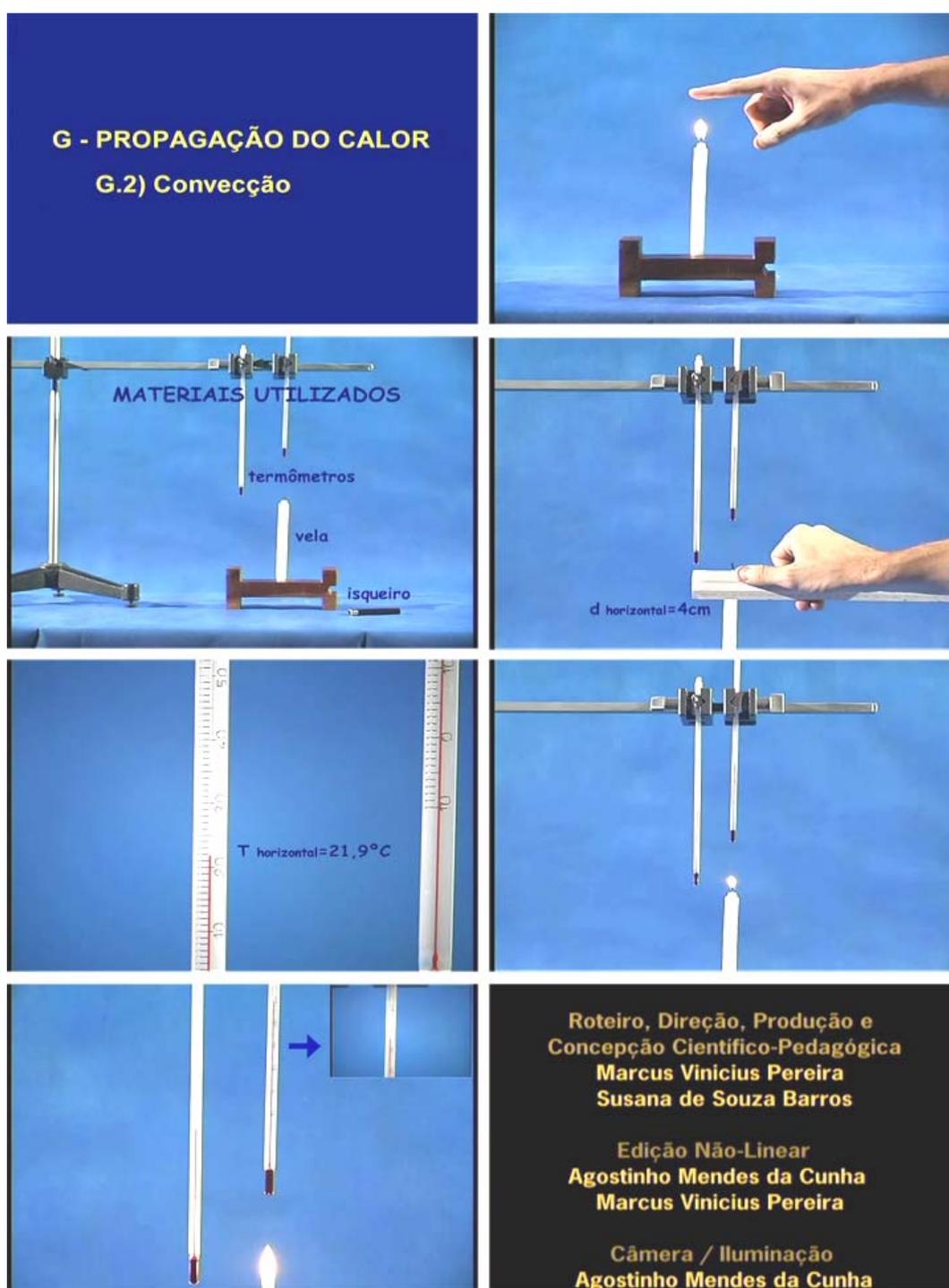


Figura III.8 – Cenas da demonstração G2

III.2.3 – Estrutura do Guia de Acompanhamento do Vídeo

O vídeo é acompanhado de um material impresso para o aluno intitulado Guia de Acompanhamento do Vídeo, composto de uma capa de apresentação em que constam os créditos do material didático, e o conjunto de Fichas do Aluno.

Cada Ficha do Aluno está associada a uma demonstração e apresenta a seguinte estrutura: registro programado da observação e perguntas de compreensão conceitual sobre o fenômeno apresentado. Esta estrutura visa a orientar a observação e identificação das grandezas físicas relevantes e das relações entre elas, para que o estudante possa ser levado a refletir sobre o fenômeno observado. Todas as Fichas que compõem o Guia encontram-se na íntegra no Apêndice II.

<p>Nome: _____ / Turma: _____ / Idade: _____ anos</p>  <p>DEMONSTRAÇÕES SOBRE CONCEITOS DE FÍSICA TÉRMICA</p> <p>Produção CEDERJ / UFRJ</p> <p>Roteiro, Direção, Produção e Concepção Científico-Pedagógica Marcos Vinícius Pereira Susana de Souza Barros</p> <p>Edição Não-Linear, Câmera e Iluminação Agostinho Mendes da Cunha Marcos Vinícius Pereira</p> <p>Instituição de Apoio Instituto de Física – UFRJ</p> <p>Realização Fundação CEDERJ Consórcio CEDERJ</p> <p>Coordenação Geral da Produção de Vídeos: Marta Antonista Tstolzeira de Almeida</p> <p>2006</p> <p>Este vídeo é produto da dissertação de mestrado de Marcos Vinícius Pereira Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática CEFET-RJ</p>	<p>Ficha do Aluno – Vídeo: Demonstrações de Física Térmica Data: ____ / ____ / ____</p> <p>A) MODELO DO CALOR: MATÉRIA X ENERGIA A.1) CALOR COMO MATÉRIA</p> <p>Registro da Observação do Vídeo</p> <p>Temperatura ambiente: ____ °C</p> <p>Associe uma temperatura inicial ao corpo A: ____ °C</p> <p>Associe uma temperatura inicial ao corpo B: ____ °C</p> <p>Compare as massas dos corpos na balança: $m_A > m_B$ $m_A = m_B$ $m_A < m_B$</p> <p>O que é feito com o corpo B?</p> <p>Associe uma temperatura à água fervendo: ____ °C</p> <p>Associe uma temperatura final ao corpo A: ____ °C</p> <p>Associe uma temperatura final ao corpo B: ____ °C</p> <p>Compare as massas dos corpos na balança: $m_A > m_B$ $m_A = m_B$ $m_A < m_B$</p> <p>Compreensão Conceitual</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Explique fisicamente a posição da balança com os blocos na situação inicial. 2) O que acontece com a balança quando o bloco B é retirado do prato? 3) O que acontece com a balança quando o bloco B é retirado do banho quente e recolocado no prato? 4) A partir desse fato, pode-se afirmar que o calor tem natureza de matéria ou energia? Resuma sua conclusão. <p>Número de vezes que assistiu a esta demonstração para preencher a ficha: ____</p>
--	--

Figura III.9 – Guia de Acompanhamento do Vídeo

As perguntas solicitadas têm como objetivo estimular o aluno a pensar sobre o fenômeno, buscar explicações, e fazer inferências baseadas nas informações extraídas da observação. Quando o vídeo for trabalhado individualmente por cada estudante, para cada Ficha do Guia há uma solicitação de registro do número de vezes que o aluno assistiu à demonstração correspondente.

CAPÍTULO IV

APLICAÇÃO DO VÍDEO EM SALA DE AULA

Neste capítulo é documentada a aplicação do vídeo como ferramenta didática em uma sala de aula de Ensino Médio, baseada em uma proposta pedagógica, com o objetivo de analisar seu efeito sobre a aprendizagem da Física Térmica. Para isso, foram construídos dois instrumentos, aplicados em momentos diferentes ao longo do tempo. Esta aplicação exemplifica uma das possíveis formas de utilização do vídeo.

IV.1 – PROPOSTA PEDAGÓGICA

A proposta pedagógica da aplicação do vídeo está inserida na teoria da aprendizagem significativa de AUSUBEL (1968), que se caracteriza por uma interação, e a forma como ela se dá, entre aspectos específicos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz com as novas informações, através das quais estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva. O subsunçor é um conceito, uma idéia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “âncora” para uma nova informação.

Em contrapartida à aprendizagem significativa, MOREIRA (1999) coloca a ocorrência da aprendizagem mecânica, que é aquela que encontra muito pouca ou nenhuma informação prévia na estrutura cognitiva a qual possa se relacionar, sendo então armazenada de maneira arbitrária. Muitas vezes, *“um indivíduo pode aprender algo mecanicamente e só mais tarde perceber que este se relaciona com algum conhecimento anterior já dominado”*. No caso, houve esforço e tempo demasiado para assimilar conceitos que seriam mais facilmente compreendidos se encontrassem uma “âncora”, um conceito subsunçor, existente na estrutura cognitiva.

Segundo AUSUBEL (1968), a aprendizagem mecânica é necessária no caso de conceitos inteiramente novos para o aprendiz, mas, posteriormente, passará a se transformar em significativa. Para acelerar esse processo, ele propõe o uso de organizadores prévios, a fim de manipular a estrutura cognitiva do aprendiz e criar os subsunçores que interligam conceitos aparentemente não relacionáveis através da abstração.

"Quando um indivíduo já possui maturidade intelectual suficiente para compreender conceitos e proposições apresentados verbalmente, na ausência de ilustrações empírico-concretas, mas não dispõe dos subsunçores necessários à aprendizagem significativa, torna-se necessário o uso de organizadores prévios que façam a ponte entre o que ele já sabe e o que precisa saber para aprender significativamente o novo material, caso contrário, a aprendizagem será mecânica, isto é, o novo material ficará armazenado na estrutura cognitiva de maneira literal e arbitrária, dificultando a retenção." (MOREIRA, 1983)

O organizador prévio, proposto originalmente por AUSUBEL (1968) para manipular a estrutura cognitiva do indivíduo, constitui-se por um material didático introdutório apresentado em níveis mais altos de abstração, generalidade e inclusividade, antes de qualquer material de aprendizagem propriamente dito. A função principal de um organizador prévio é facilitar a aprendizagem significativa, servindo de ponte cognitiva entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o novo material possa ser aprendido de forma significativa. Em outras palavras, um organizador prévio facilita a aprendizagem na medida em que funciona como *ponte cognitiva*, pois permite relacionar idéias, proposições e conceitos existentes com aqueles contidos no novo material de aprendizagem.

Por outro lado, um organizador prévio não deve ser confundido com sumários, resumos e/ou introduções que são escritos no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do próprio material de aprendizagem que se segue, simplesmente enfatizando os pontos principais e omitindo informações menos importantes. Na concepção ausubeliana, os organizadores prévios destinam-se a facilitar a aprendizagem de um tópico específico.

No entanto, uma meta-análise de muitas pesquisas em torno do efeito facilitador dos organizadores prévios apresentada por LUITEN, AMES & ACKERSON (1980 apud MOREIRA, 1997) levou à conclusão de que os organizadores prévios, de fato, têm um efeito pequeno na aprendizagem e na retenção. O potencial didático dos organizadores reside no caráter mais alto de generalidade, inclusividade e abstração, pois, mesmo que os estudantes tenham os subsunçores adequados, muitas vezes eles não percebem sua relacionabilidade com o novo conhecimento.

Baseado na teoria apresentada, propõe-se a utilização do vídeo *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica* como um Organizador Prévio Experimental (OPE), que, dentre as características do organizador prévio proposto por Ausubel, trabalha os conceitos em um nível mais alto de generalidade, tendo a função de reativar nos estudantes os conceitos já existentes e os confrontar com os conceitos científicos apresentados nas demonstrações, o que pode levar a criação de novos subsunçores na estrutura cognitiva do aluno. Nas aulas de Física tradicionalmente discursivas, muitas vezes as novas informações são apreendidas praticamente sem interagir com os conceitos relevantes existentes, e, assim, são armazenadas de maneira arbitrária e literal, como afirma MOREIRA (1983).

Desta forma, o vídeo aplicado como OPE pode ser associado às etapas *icônica* e *ativa* da aprendizagem de acordo com a teoria de BRUNER (1993), por meio das imagens e da seqüência de situações que representam o fenômeno demonstrado.

A apresentação dos conceitos básicos de Termologia na aplicação do vídeo (imagens e Guia de Acompanhamento) e na seqüência instrucional posterior (escolarização) tem por finalidade trabalhar e refletir esses conceitos em forma de espiral, proposta de BAEZ (1960), onde o aluno expressa suas idéias e, a partir das evidências experimentais observadas, reflete em diferentes níveis de abstração.

IV.2 – AMOSTRA

O vídeo foi aplicado durante o período regular de aulas em uma turma de quatorze (14) alunos adolescentes, freqüentes e participativos, matriculados no segundo período do curso médio técnico de Alimentos no Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis – Unidade Maracanã (CEFETEQ – UMar), no segundo semestre letivo do ano de 2006.

IV.3 – INSTRUMENTOS

Com o objetivo de estudar a eficiência da utilização do vídeo como organizador prévio sobre o processo de ensino-aprendizagem da Física Térmica, foram construídos dois instrumentos básicos, aplicados em três momentos distintos.

Estes instrumentos estão relacionados entre si através do conceito físico trabalhado nas demonstrações experimentais de acordo com a Tabela IV.1 a seguir. O primeiro instrumento foi aplicado antes da exibição do vídeo, como Pré-Teste, e após a exibição, como Pós-Teste. O segundo instrumento, denominado Avaliação Final, foi aplicado ao final da Instrução Formal de Física Térmica.

Tanto o Pré e Pós-Teste como a Avaliação Final são testes compostos, cada um, de 10 (dez) questões distintas retiradas ou baseadas, principalmente, nos resultados da literatura da pesquisa em ensino de Física apresentada na seção III.1 deste trabalho acerca dos conceitos espontâneos, e, ainda, nas questões dos livros didáticos analisados na seção II.2.2.

A construção desses instrumentos com 10 questões fez com que se optasse por trabalhar com 10 demonstrações. Dessa forma, não fizeram parte deste estudo a demonstração C sobre condutores e isolantes como características das fronteiras de um sistema e a demonstração G3 sobre a propagação do calor por irradiação.

Tabela IV.1 – Relação conceitual entre os instrumentos e as demonstrações

CONCEITO TRABALHADO	DEMONSTRAÇÃO VÍDEO	QUESTÃO PRÉ/PÓS-TESTE	QUESTÃO AVALIAÇÃO FINAL
Calor como matéria	A.1	1	1
Calor como forma de energia	A.2	8	2
Temperatura: grandeza intensiva	B.1	2	3
Capacidade térmica: grandeza extensiva	B.2	5	4
Trocas de calor (I)	D1	3	6
Trocas de calor (II)	D2	9	7
Mudança de estado	E	10	8
Dilatação térmica	F	6	9
Propagação do calor: condução	G1	4	5
Propagação do calor: convecção	G2	7	10

IV.3.1 – Pré-Teste / Pós-Teste

Este instrumento, apresentado na Figura IV.1 na página 52, consiste em um teste com questões objetivas, cada uma contendo três opções distintas de escolha com solicitação de justificativa. A aplicação como Pré-Teste, prévia à exibição do vídeo, teve função diagnóstica com a finalidade de levantar de início as dificuldades conceituais dos estudantes, verificando como eles se expressam na escrita das justificativas dadas às questões ao fazerem uso do conhecimento científico ou do senso comum. O mesmo teste foi aplicado após os alunos assistirem ao vídeo, com o objetivo de estudar o efeito do vídeo propriamente dito sobre a mudança na linguagem escrita por parte desse grupo de estudantes ao se expressarem sobre os mesmos conceitos.

IV.3.2 – Avaliação Final

Este instrumento, apresentado na Figura IV.2 na página 53, consiste em um teste com dez questões conceituais, sendo oito discursivas e duas objetivas com escolha justificada. Como essas questões estão relacionadas conceitualmente com as demonstrações assistidas, a aplicação da Avaliação Final tem por objetivo verificar o efeito de longo tempo do vídeo sobre a compreensão dos conceitos pelos alunos.



TESTE SOBRE CONCEITOS DE FÍSICA TÉRMICA
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE QUÍMICA

NOME: _____ / Turma: _____ / Data: ____ / ____ / ____

- | |
|--|
| 1. O calor é um conceito físico que tem natureza de:
<input type="checkbox"/> matéria <input type="checkbox"/> energia <input type="checkbox"/> temperatura |
| 2. Em um recipiente há 10 bolinhas metálicas, todas à temperatura ambiente de 30°C. Se retirarmos uma dessas bolinhas, qual será a sua temperatura?
<input type="checkbox"/> 3°C <input type="checkbox"/> 30°C <input type="checkbox"/> 300°C |
| 3. O que acontece quando você mistura quantidades iguais de água, uma bem fria a uma temperatura T1 e outra bem quente a uma temperatura T2?
<input type="checkbox"/> cada massa de água permanece à temperatura inicial
<input type="checkbox"/> a mistura atinge uma temperatura chamada de equilíbrio térmico próxima de $(T1+T2)/2$
<input type="checkbox"/> a mistura atinge uma temperatura chamada de equilíbrio térmico que é igual a $(T1+T2)$ |
| 4. Que tipo de colher presente em uma cozinha deve ser escolhida para mexer uma panela onde se cozinhará um doce de banana?
<input type="checkbox"/> colher de madeira <input type="checkbox"/> colher de metal <input type="checkbox"/> colher de plástico |
| 5. Dois pedaços de um mesmo metal estão quentes e à mesma temperatura. Um deles tem o dobro do tamanho do outro, e, conseqüentemente, o dobro da massa. Se cada um for colocado em um copo distinto que contém a mesma quantidade de água, o que você pode concluir sobre a variação da temperatura água + metal?
<input type="checkbox"/> é a mesma nos dois copos
<input type="checkbox"/> será maior no copo que recebeu o pedaço menor
<input type="checkbox"/> será maior no copo que recebeu o pedaço maior |
| 6. O que você faria para abrir um tampo metálico rosqueado que se encontra muito justo em um recipiente de vidro, por exemplo os que acondicionam palmito, azeitona, conservas, etc?
<input type="checkbox"/> usaria um objeto como alavanca para fazer força contra a tampa
<input type="checkbox"/> aqueceria a tampa, que poderia ficar frouxa em relação ao vidro
<input type="checkbox"/> usaria um pano e forçaria a abertura da tampa rosqueada |
| 7. Qual é a melhor posição para instalar um aparelho de ar condicionado em uma sala que fica fechada?
<input type="checkbox"/> próximo ao teto <input type="checkbox"/> próximo ao chão <input type="checkbox"/> não faz diferença |
| 8. Se usarmos um martelo e o batermos sucessivas vezes sobre uma pequena moeda:
<input type="checkbox"/> a moeda apenas se deformará
<input type="checkbox"/> a moeda não se modifica fisicamente
<input type="checkbox"/> a moeda poderá ficar mais quente, além de poder se deformar |
| 9. Uma panela de água fervendo foi derramada em uma piscina olímpica cheia de água à temperatura em torno de 25°C. Qual será a temperatura aproximada da água na piscina?
<input type="checkbox"/> 25°C <input type="checkbox"/> 75°C <input type="checkbox"/> 125°C |
| 10. O que você pode afirmar sobre a temperatura de um líquido contido em uma panela sobre a chama de um fogão que ficará acesa indefinidamente?
<input type="checkbox"/> a temperatura aumenta indefinidamente
<input type="checkbox"/> a temperatura aumenta até um valor limite para o líquido e permanece constante
<input type="checkbox"/> a temperatura aumenta até um valor limite para o líquido e depois começa a diminuir |

Figura IV.1 – Pré-Teste / Pós-Teste



AVALIAÇÃO SOBRE CONCEITOS DE FÍSICA TÉRMICA
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE QUÍMICA

NOME: _____ / Turma: _____ / Data: ___ / ___ / ___

1. Um pequeno bloco metálico é colocado no interior de um forno a 250°C. Após meia hora, retira-se o bloco do forno. Um estudante, que conhece o fenômeno da dilatação térmica, afirma que a massa do bloco medida antes e após o aquecimento é diferente. Qual é sua explicação?
2. Uma quantidade de água está contida em um recipiente termicamente isolado. Um sistema mecânico de pás agita vigorosamente a água por um certo tempo e a temperatura da água aumenta em 1°C. Como você explica esse fato?
3. Um recipiente contém um volume equivalente a 30 colheres de água a temperatura de 30°C. Quando uma colher dessa água é retirada, qual é a sua temperatura mais provável: maior, igual ou menor que 30°C? Justifique sua escolha.
4. Dois pedaços de um mesmo metal estão quentes e à mesma temperatura. Um deles tem o dobro do tamanho do outro, e, conseqüentemente, o dobro da massa. Se cada um for colocado em um copo que contém a mesma quantidade de água, o que você pode concluir sobre a variação da temperatura do sistema água + metal? Explique.
5. A utilização de panelas com características específicas pode influenciar o tempo de cozimento de alimentos. Por que motivo uma dona de casa optaria pela compra de uma panela com fundo de cobre ou alumínio, tendo em vista que o calor específico do cobre é 0,093 cal/g.°C e o calor específico do alumínio é 0,22 cal/g.°C?
6. Diariamente, antes de ir para o escritório, Bruno compra um copo de café quente a uma temperatura aproximada de 90°C e um copo de água gelada a uma temperatura em torno de 5°C. Os dois copos são iguais e os volumes dos líquidos também são iguais. Ele deixa os copos em uma sala onde a temperatura ambiente é de 20°C. Transcorridos 10 minutos, quais serão as possíveis temperaturas do café e da água mineral? Justifique sua escolha.
a) 70°C e 10°C b) 90°C e 5°C c) 95°C e 10°C d) 70°C e 25°C e) 20°C e 20°C
7. Algumas horas mais tarde, e supondo que a temperatura da sala permaneça a mesma, quais serão as possíveis temperaturas do café e da água mineral? Justifique sua escolha.
a) 70°C e 10°C b) 90°C e 5°C c) 95°C e 10°C d) 70°C e 25°C e) 20°C e 20°C
8. Quatro cubos de gelo retirados de um freezer são colocados em um copo de água que está a temperatura ambiente. Mexe-se até que eles fiquem menores e parem de derreter. Qual é a temperatura mais provável da água no copo? Justifique.
9. Imagine que o coeficiente de dilatação térmica do vidro fosse maior que o do mercúrio. Que modificação deve ser feita na construção de um termômetro para que este possa medir temperaturas corretamente? Justifique.
10. Em um forno convencional, a grelha onde se apóia, por exemplo, um tabuleiro para assar um bolo fica na metade superior. Uma pessoa acredita que cozinhará melhor o bolo se a grelha for colocada mais próxima à parte inferior, ou seja, da chama do forno em si. O que você argumentaria?

Figura IV.2 – Avaliação Final

IV.4 – A APLICAÇÃO

O uso do vídeo foi planejado dentro de uma Etapa Diagnóstica, que envolveu a aplicação do Pré-Teste, a exibição do vídeo com preenchimento das Fichas do Aluno do Guia de Acompanhamento, e a aplicação do Pós-Teste. Doravante, sempre que houver referência à aplicação do vídeo, entenda-se o vídeo *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica* + Guia de Acompanhamento. A Etapa de Escolarização envolveu a Instrução Formal de Termologia, e, ao final, a aplicação da Avaliação Final.

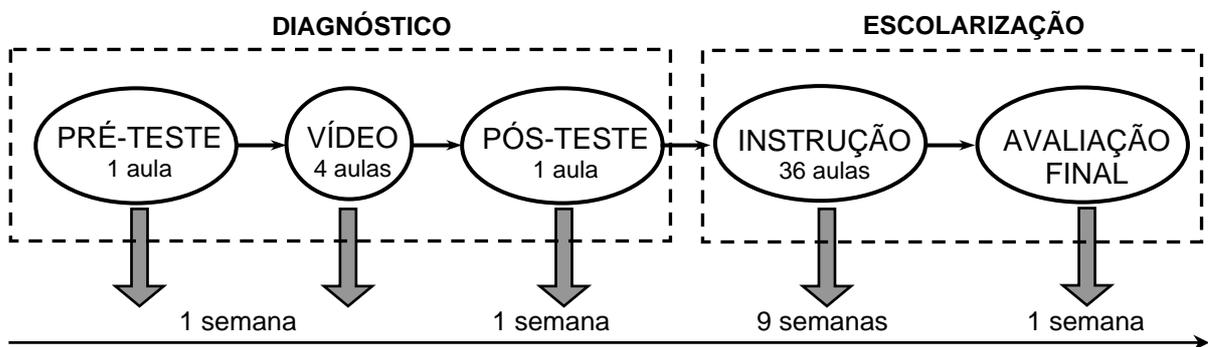


Figura IV.3 – Cronograma do estudo do efeito da aplicação do vídeo em sala de aula

No diagrama ilustrado acima, apresenta-se o cronograma dessa aplicação, onde cada aula corresponde a um período médio de 45 minutos, com o intervalo de tempo em semanas despendido para cada momento distinto das duas etapas.

IV.4.1 – Etapa Diagnóstica

A Etapa Diagnóstica foi realizada em 6 aulas de 45 min cada uma, ao longo de duas semanas, tendo como função principal a utilização do vídeo como Organizador Prévio Experimental – OPE, e, por consequência, poder estudar seu efeito direto sobre a retenção de informações pelos alunos que assistem ao vídeo.

Na primeira aula, em uma sala de aula tradicional, apresentou-se o trabalho a ser desenvolvido, salientando a importância do comprometimento de cada estudante e explicando a metodologia utilizada. Esclareceu-se que o teste seria respondido individualmente, e, até este momento, os alunos sabiam apenas que assistiriam a um vídeo sobre os conceitos das questões do teste.

Os alunos foram comunicados pelo professor que nenhuma atividade seria convertida em nota. No entanto, chamou-se a atenção deles para a importância de uma reflexão crítica sobre as questões propostas, a fim de que tirassem proveito para a etapa posterior de instrução propriamente dita.

Entregou-se o Pré-Teste e os estudantes foram orientados a responderem livremente, com justificativas sucintas, em aproximadamente 50 min. Após a realização do teste, o vídeo foi exibido sem pausas na sala de aula utilizando um computador portátil e um projetor digital (*data-show*).

Na aula seguinte, o vídeo foi novamente exibido para a turma, desta vez realizando pausas para esclarecer dúvidas dos alunos quanto ao que observavam. Neste momento os estudantes estavam em uma das salas de informática da escola, Figura IV.4, e foram orientados a utilizarem o computador para assistirem ao vídeo, um aluno em cada máquina, e preencherem de forma sistemática as Fichas do Guia de Acompanhamento do Vídeo, entregue na forma de um livreto impresso para cada aluno. O laboratório de informática utilizado dispunha de microcomputadores ligados em rede, e o vídeo estava disponível em um diretório compartilhado.



Figura IV.4 – Alunos no laboratório de informática

Os estudantes assistiram às demonstrações quantas vezes precisaram, solicitando o professor à medida que tinham dúvidas. Eles informaram em cada Ficha o número de vezes que repetiram a respectiva demonstração.

Apesar dos alunos terem sido orientados a desenvolver os trabalhos de forma individual, foi inevitável a interação entre os que estavam próximos uns dos outros. Além disso, deve-se levar em consideração que eles também podem ter conversado entre si no período compreendido entre os dois encontros de trabalho com as demonstrações, cada um com duração de 1h 30min, em dois dias subseqüentes.

O Pós-Teste, idêntico ao Pré-Teste, foi aplicado em uma aula de 45 min, uma semana após a exibição do vídeo e trabalho individual. Solicitou-se, de forma enfática, que os alunos levassem em conta o fato das demonstrações assistidas estarem associadas às questões do teste ao elaborarem suas justificativas.

IV.4.2 – Etapa de Escolarização

A etapa referente à Escolarização sucedeu à Diagnóstica. A Instrução Formal dos conteúdos de Termologia aconteceu ao longo de aproximadamente 10 semanas, com 2 encontros semanais de 1h 30 min cada. A exposição do conteúdo pelo professor foi tradicional, com uso de quadro e giz e estudo do livro texto Fundamentos da Física dos autores **RAMALHO, FERRARO & TOLEDO (2003)**.

As unidades didáticas trabalhadas são apresentadas na figura a seguir:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Termologia: conceitos iniciais• Termometria• Dilatação térmica dos sólidos e líquidos• Calorimetria• Trocas de calor | <ul style="list-style-type: none">• Propagação do calor• Mudanças de estado• Gases perfeitos• 1ª Lei da Termodinâmica• 2ª Lei da Termodinâmica |
|--|--|

Figura IV.5 – Ementa do curso de Termologia

O desempenho dos estudantes na Instrução Formal é o resultado da média ponderada entre duas provas escritas e uma prática laboratorial realizada por grupos de 3 a 4 alunos, para determinação da capacidade térmica de um recipiente e do calor específico de um metal.

O segundo instrumento para estudo do efeito do vídeo sobre o desempenho dos estudantes foi aplicado durante um encontro, com aproximadamente 1h de duração, ao final de toda a instrução, anteriormente à realização da última prova escrita.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Os dados obtidos através dos instrumentos de avaliação do efeito do vídeo sobre a aprendizagem conceitual foram analisados neste capítulo.

A pequena amostra não permite fazer generalizações, no entanto, o uso do método de triangulação dos resultados do Pré-Teste, do Pós-Teste e da Avaliação Final é um modo de demonstrar a validade desse estudo, segundo COHEN et al (2000), logo o tratamento estatístico não é justificado.

V.1 – ANÁLISE GERAL

A utilização do vídeo na Etapa Diagnóstica como Organizador Prévio Experimental (OPE) permitiu, através da aplicação do Pré-Teste e do Pós-Teste, estudar seu efeito imediato para retenção de informações pelos estudantes e para compreensão dos fenômenos apresentados nas demonstrações que compõem o vídeo, já que cada questão do teste está relacionada conceitualmente com uma demonstração.

A aplicação da Avaliação Final, após a Instrução Formal na Etapa de Escolarização, permitiu estudar esse efeito a longo prazo, tendo em vista que os estudantes responderam às questões da Avaliação, também relacionadas conceitualmente com cada demonstração do vídeo, cerca de dois meses após a Etapa Diagnóstica, quando interagiram com o vídeo.

Primeiramente foram registradas as respostas objetivas dos alunos a cada questão do Pré e Pós-Teste, atribuindo o valor de 1 (um) ponto para a opção correta e o valor 0 (zero) para a opção incorreta. Dessa forma o desempenho do aluno em cada instrumento tem valor máximo de 10 (dez) pontos, como apresentado na tabela a seguir. A média do desempenho para esse grupo de estudantes aparece na última linha da tabela acompanhada do respectivo desvio-padrão σ , calculado por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Tabela V.1 – Desempenho dos estudantes no Pré-Teste e no Pós-Teste

ALUNO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
1	8	6
2	8	10
3	8	10
4	6	9
5	7	8
6	9	10
7	8	8
8	8	9
9	9	9
10	9	9
11	9	10
12	8	8
13	10	10
14	9	8
MÉDIA	8,3 ± 1,0	8,9 ± 1,2

A análise da tabela acima indica que o uso do vídeo não faz diferença sobre as respostas objetivas desses estudantes no Pós-Teste comparado ao Pré-Teste.

Com o objetivo de verificar o efeito do uso do vídeo sobre a aprendizagem conceitual, analisou-se a justificativa dada por cada um dos quatorze (14) alunos a cada questão do Pré-Teste e do Pós-Teste acerca dos conceitos físicos trabalhados, tendo como base cinco categorias construídas por SIMPSON & MAREK (1988) no estudo das concepções alternativas na área de biologia, através da análise das respostas escritas dos alunos de nível médio de pequenas e grandes escolas nos Estados Unidos, que se encontram na Tabela V.2.

Tabela V.2 – Critérios de categorização de respostas de SIMPSON & MAREK

A – Compreensão Completa (CC) As respostas mostram uma compreensão completa sobre o tópico, isto é, contêm todos os elementos de uma resposta válida.
B – Compreensão Parcial (CP) As respostas demonstram uma compreensão parcial do conceito, caracterizadas pelo fato do estudante mencionar pelo menos um dos elementos de uma resposta válida.
C – Compreensão Parcial com Mau Entendimento (COM) As respostas mostram alguma compreensão do conceito, por vezes apresentando todos os elementos da resposta válida, mas também apresentam afirmações que demonstram mau entendimento.
D – Completa Falta de Compreensão (CFC) As respostas não contêm nenhum dos elementos de uma resposta válida, devido ao mau entendimento das explicações feitas por cientistas ou textos de ciência.
E – Sem Resposta (SR) Os alunos são incapazes de articular uma resposta à questão. As respostas dadas são: irrelevantes, não sei, repetem a questão.

As categorias acima foram adaptadas neste trabalho, dando origem a seis tipos de resposta, apresentados na Tabela V.3, cujos critérios serão utilizados para análise das justificativas dos instrumentos, inclusive a Avaliação Final. Para fins de análise quantitativa, cada tipo de resposta foi convertido em um valor numérico entre 0 (zero) e 1 (um) ponto, relacionado ao nível de compreensão conceitual do aluno.

Tabela V.3 – Critérios para análise das respostas às questões conceituais

PRÉ-TESTE / PÓS-TESTE / AVALIAÇÃO FINAL			
CÓDIGO	TIPO DE RESPOSTA	CRITÉRIO	VALOR
C	CORRETA	Utilização de conceitos físicos adequadamente, através de uma linguagem clara e precisa.	1,00
P	PARCIALMENTE CORRETA	Incompleta que contém idéias corretas, encaminhando à resposta correta; uso de comparações entre grandezas físicas; compreensão intuitiva.	0,75
F	FACTUAL	Muito específica, sem evidência de compreensão geral do conceito científico.	0,50
N	INADEQUADA	Não responde à pergunta solicitada.	0,25
B	BRANCO	Não apresentada.	0,00
E	ERRADA	Errada ou imprecisa.	0,00

Os dois primeiros tipos de resposta, correta (C) e parcialmente correta (P), são análogos às categorias de SIMPSON & MAREK compreensão completa (CC) e compreensão parcial (CP). A categoria que esses autores propõem como compreensão parcial com mau entendimento (COM) foi subdividida neste trabalho em dois tipos de resposta, factual (F) e inadequada (N). A categoria completa falta de compreensão (CFC) está associada à resposta errada (E), e a categoria sem resposta (SR) associada à resposta em branco (B).

O registro programado da observação de cada demonstração feito pelo aluno foi analisado tendo como por base o preenchimento correto e completo dessa parte da Ficha do Aluno. As respostas às perguntas de compreensão conceitual foram classificadas de acordo com sua consistência em relação ao que o aluno observou. Os critérios utilizados para análise da Ficha do Aluno tanto da parte referente ao registro quanto da parte referente às perguntas foram convertidos em valores numéricos, de acordo com o tipo de registro ou de resposta, respectivamente, como se observa nas Tabelas V.4 e V.5.

As respostas das perguntas de compreensão conceitual da Ficha não foram analisadas com os mesmos critérios utilizados para as questões conceituais do Pré e Pós-Teste e da Avaliação Final, já que essas perguntas fazem referência direta ao que foi observado pelo aluno, e não requerem maior abstração, como no caso dos outros instrumentos utilizados.

Tabela V.4 – Critérios para análise do registro programado da observação

GUIA DE ACOMPANHAMENTO DO VÍDEO			
REGISTRO PROGRAMADO DA OBSERVAÇÃO			
CÓDIGO	TIPO DE REGISTRO	CRITÉRIO	VALOR
C	CORRETO E COMPLETO	Todas as informações são registradas adequadamente; mostrando que o aluno assistiu criticamente ao vídeo.	1,0
P	PARCIALMENTE CORRETO E COMPLETO	Apresenta algum erro na informação registrada, mostrando descuido ao assistir ao vídeo.	0,5
I	INCOMPLETO OU INCORRETO	Não registra tudo que é solicitado ou registra as informações inadequadamente	0,0

Tabela V.5 – Critérios para análise das perguntas de compreensão conceitual

GUIA DE ACOMPANHAMENTO DO VÍDEO			
PERGUNTAS DE COMPREENSÃO CONCEITUAL			
CÓDIGO	TIPO DE RESPOSTA	CRITÉRIO	VALOR
C	CONSISTENTE	Consistente com o que o aluno registrou durante a observação da demonstração.	1,0
P	POUCO CONSISTENTE	Relacionada com a observação feita; utiliza linguagem inadequada ou conceito físico inadequado.	0,5
I	INCONSISTENTE	Não relacionada com o que o aluno registrou durante a observação da demonstração.	0,0

As Tabelas de Dados, que contêm as respostas escritas dos alunos às questões conceituais do Pré-teste, do Pós-Teste e da Avaliação Final, classificadas de acordo com os critérios apresentados anteriormente, e a análise das Fichas, se encontram no Apêndice III. A Tabela V.6 indica a localização neste trabalho de cada Tabela de Dados para facilitar a leitura.

Tabela V.6 – Índice das Tabelas de Dados do Apêndice III

TABELA	DESCRIÇÃO	CONCEITO	PÁGINA
A-III.1	Dados da Demonstração A1	Calor como matéria	A15
A-III.2	Dados da Demonstração A2	Calor como forma de energia	A17
A-III.3	Dados da Demonstração B1	Temperatura – grandeza intensiva	A19
A-III.4	Dados da Demonstração B2	Capacidade térmica – grandeza extensiva	A21
A-III.5	Dados da Demonstração D1	Trocas de calor (I)	A23
A-III.6	Dados da Demonstração D2	Trocas de calor (II)	A25
A-III.7	Dados da Demonstração E	Mudança de estado	A27
A-III.8	Dados da Demonstração F	Dilatação térmica	A29
A-III.9	Dados da Demonstração G1	Propagação do calor: condução	A31
A-III.10	Dados da Demonstração G2	Propagação do calor: convecção	A33

A Figura V.1 a seguir apresenta a estrutura das Tabelas de Dados associadas às demonstrações.

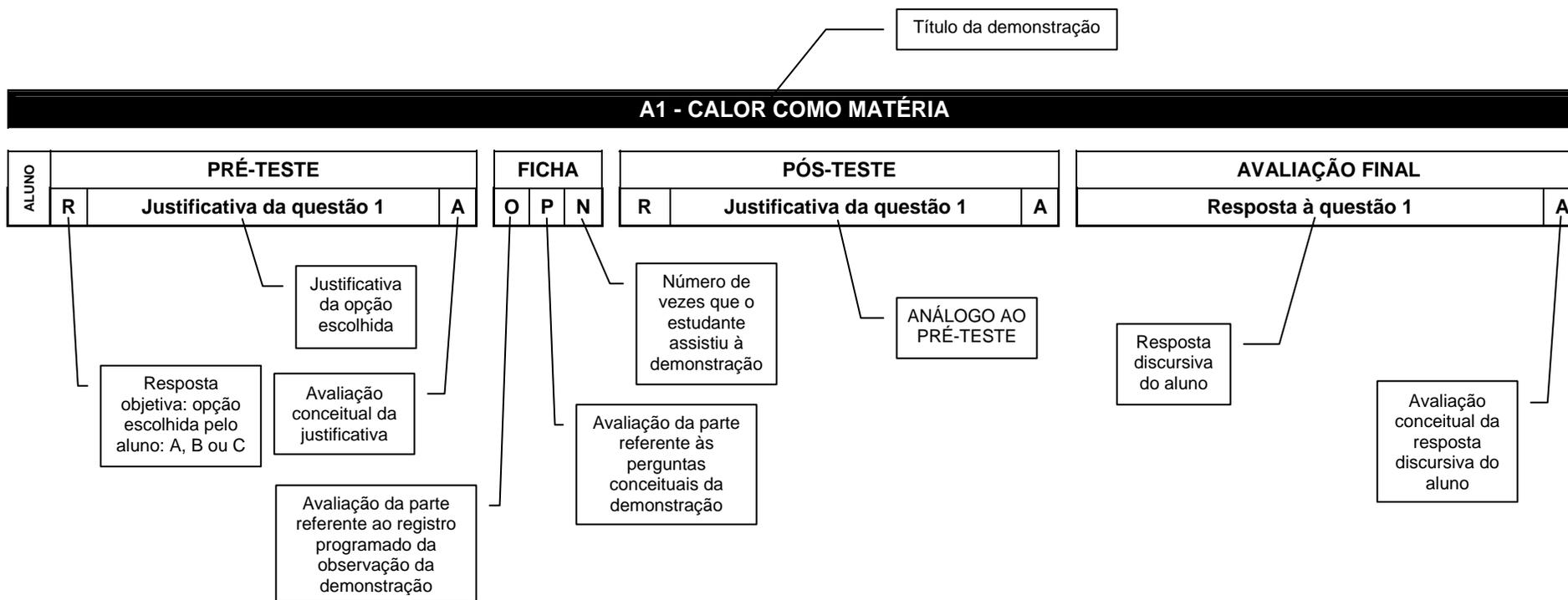


Figura V.1 – Estrutura da Tabela de Dados

A partir das Tabelas de Dados, foi possível atribuir uma “nota” a cada aluno para cada instrumento, de acordo com os critérios descritos nas Tabelas V.3, V.4 e V.5.

A Tabela V.7 apresenta o desempenho dos alunos tanto nos instrumentos relacionados ao estudo da aplicação do vídeo em sala de aula, como na instrução formal dos conteúdos referentes à Física Térmica, de acordo com a seção IV.4.2. Todas as “notas” na tabela abaixo têm valor máximo de 10 (dez) pontos. A média do desempenho para esse grupo de estudantes aparece na última linha acompanhada do respectivo desvio-padrão.

Tabela V.7 – Desempenho de cada aluno na Etapa Diagnóstica e de Escolarização

ALUNO	DIAGNÓSTICO				ESCOLARIZAÇÃO	
	PRÉ-TESTE	VÍDEO – OPE		PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
		REGISTRO DA OBSERVAÇÃO	PERGUNTAS CONCEITUAIS			
1	1,25	7,50	5,50	3,00	5,5	1,00
2	4,75	10,00	8,00	5,75	6,2	5,25
3	2,00	9,50	9,00	5,50	8,6	5,00
4	1,50	8,50	6,00	6,00	7,9	6,75
5	3,25	9,50	9,00	7,00	7,0	7,00
6	4,00	10,00	7,00	7,25	7,3	6,50
7	4,25	9,00	8,00	5,25	6,0	6,75
8	4,75	9,50	7,50	5,25	7,3	7,00
9	5,75	10,00	7,00	6,75	9,0	7,00
10	4,00	9,00	7,00	5,75	6,0	5,00
11	3,25	9,00	6,00	7,00	7,5	6,00
12	3,75	9,50	8,00	5,75	6,9	5,75
13	4,25	9,50	5,50	6,75	6,9	6,50
14	1,00	9,00	5,00	2,50	7,6	3,75
MÉDIA	3,4 ± 1,5	9,3 ± 0,7	7,0 ± 1,3	5,7 ± 1,4	7,1 ± 1,0	5,7 ± 1,7

Esses resultados permitem concluir que o vídeo utilizado como OPE tem um efeito aparentemente positivo, haja vista a média do Pós-Teste em relação ao Pré-Teste quando se analisa conceitualmente as respostas dos alunos às questões. Contudo, esse efeito é pequeno quando se leva em conta o desvio-padrão calculado para essa amostra, fazendo com que haja uma faixa comum ao desempenho médio do grupo.

Os alunos 1 e 14 parecem ser aleatórios em suas respostas, já que o desvio-padrão σ da média do desempenho dos alunos no Pós-Teste ($\sigma_{\text{POT}} = \pm 1,4$) e na Avaliação Final ($\sigma_{\text{AF}} = \pm 1,7$) seria a metade caso eles não fizessem parte dessa amostra ($\sigma_{\text{POT}} = \pm 0,7$ e $\sigma_{\text{AF}} = \pm 0,8$), ou ainda seria bem reduzido caso o número de alunos da amostra fosse relativamente maior.

A análise das Fichas do Guia de Acompanhamento do Vídeo mostra que os alunos não apresentam problema quanto ao registro programado das informações solicitadas. As perguntas de compreensão conceitual da Ficha requerem reflexão sobre o fenômeno observado, o que não é tarefa simples, principalmente neste exemplo de aplicação do vídeo como OPE, antes da Instrução Formal propriamente dita.

O gráfico da Figura V.2 mostra o desempenho de cada aluno ao longo das etapas que se sucederam. A diferença entre o desempenho na Instrução Formal e na Avaliação Final aponta para o fato de que a primeira é resultado da média ponderada entre duas provas escritas com questões de diferentes tipos e um relatório de atividades laboratoriais, enquanto a segunda é um único teste com dez questões conceituais discursivas.

Apesar disso, pode-se dizer que houve uma melhora em relação ao nível de compreensão conceitual desse grupo, quando se comparam Pré-Teste e Pós-Teste, observada através da análise do desempenho de cada aluno ao se atribuir um valor numérico às suas respostas conceituais em cada questão. Todos os alunos obtiveram em média aproximadamente 2 pontos a mais no Pós-Teste em relação ao Pré-Teste.

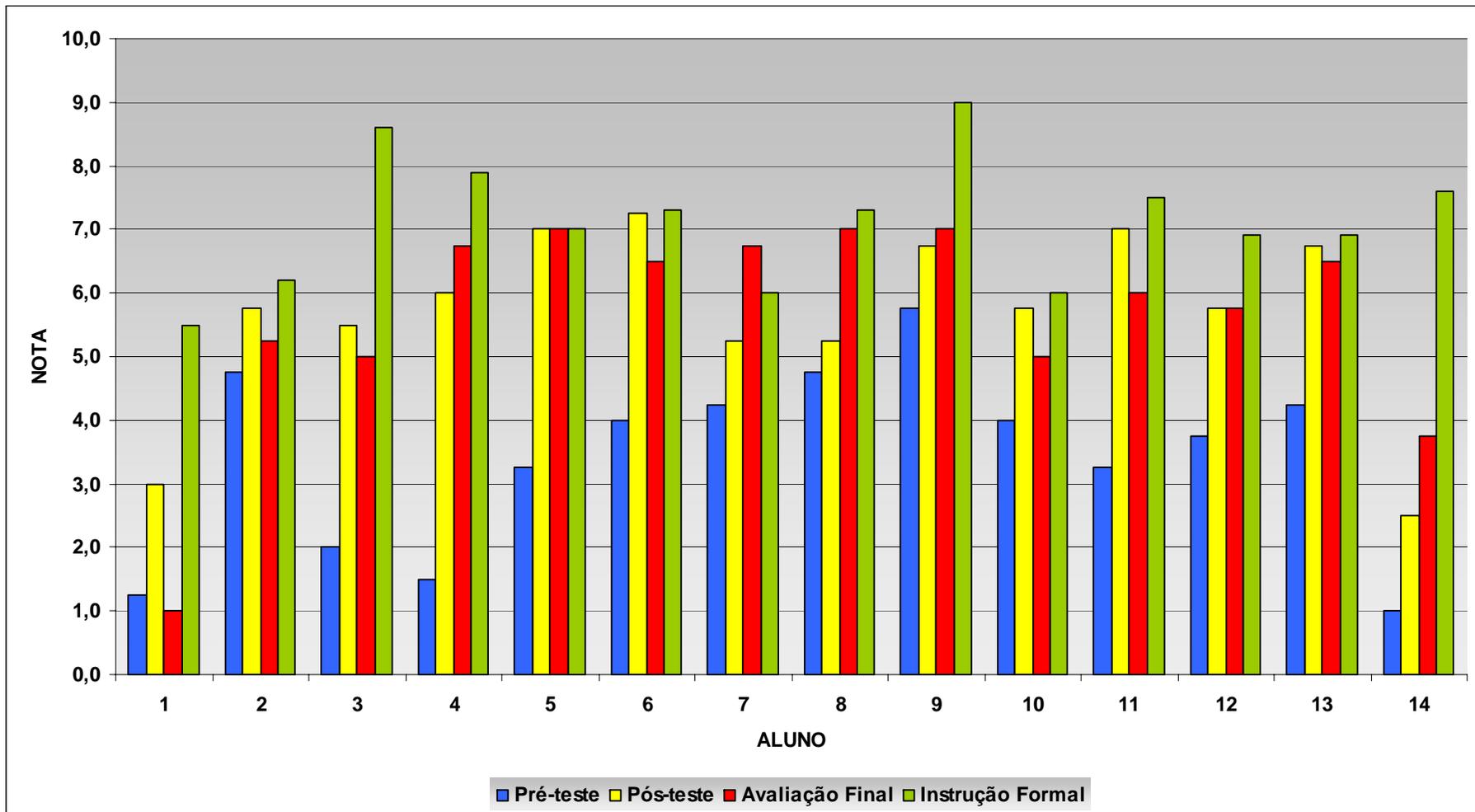


Figura V.2 – Gráfico do desempenho de cada estudante

Os valores entre 0 (zero) e 1 (um) atribuídos às respostas da mesma questão de cada instrumento foram agrupados e normalizados a 10 (dez) pontos, devido a serem 14 (quatorze) alunos. A Tabela V.8 apresenta o desempenho médio do grupo de alunos em cada questão do Pré-Teste, do Pós-Teste e da Avaliação Final associada ao conceito físico trabalhado em cada demonstração, representado graficamente na Figura V.3.

Tabela V.8 – Desempenho dos estudantes nas questões relacionadas conceitualmente

DEMONSTRAÇÃO		PRÉ-TESTE		PÓS-TESTE		AVALIAÇÃO FINAL	
CÓD.	TÍTULO	QUESTÃO	NOTA	QUESTÃO	NOTA	QUESTÃO	NOTA
A1	Calor como matéria	1	3,6	1	4,3	1	6,3
A2	Calor como forma de energia	8	3,0	8	4,8	2	8,4
B1	Temperatura: grandeza intensiva	2	3,4	2	4,5	3	4,3
B2	Capacidade térmica: grand. extensiva	5	1,8	5	4,8	4	5,7
D1	Trocas de calor (I)	3	3,2	3	5,0	6	5,4
D2	Trocas de calor (II)	9	4,3	9	4,8	7	8,0
E	Mudanças de estado	10	1,8	10	7,0	8	4,5
F	Dilatação térmica	6	1,8	6	6,4	9	4,1
G1	Propagação do calor: condução	4	4,8	4	8,6	5	6,4
G2	Propagação do calor: convecção	7	6,4	7	6,6	10	3,6

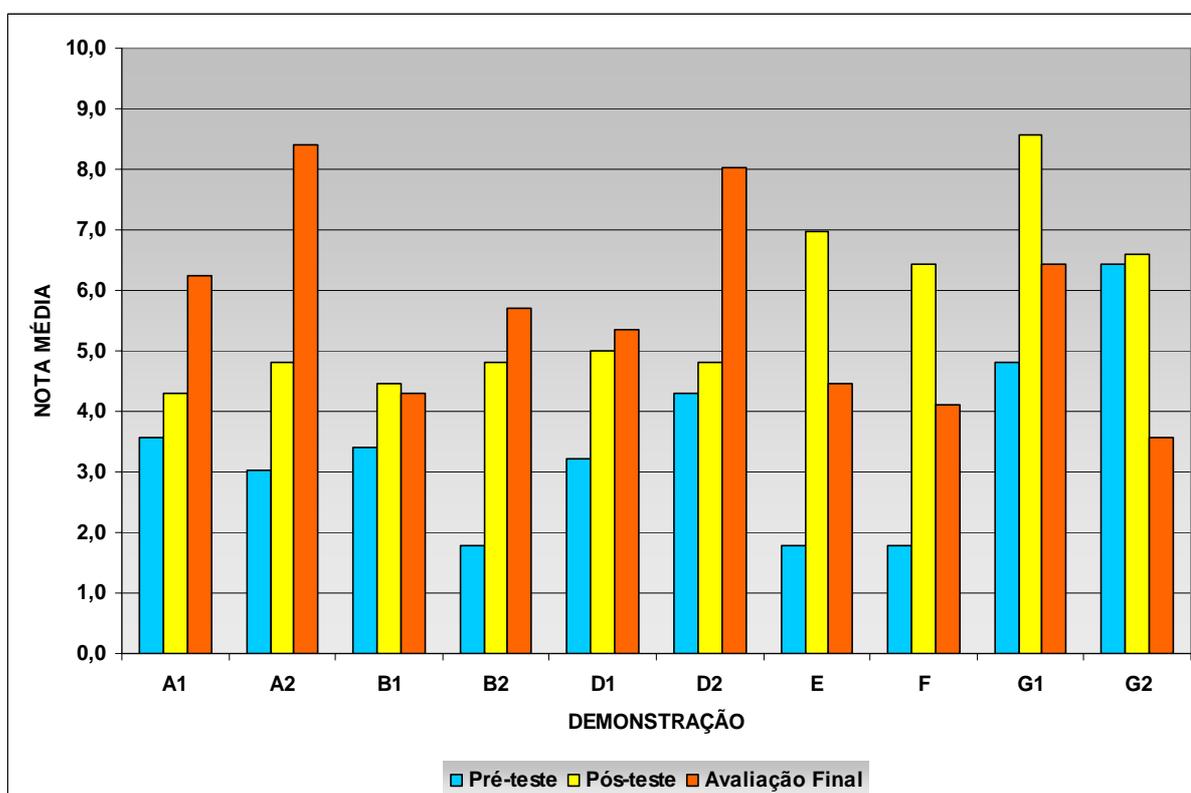


Figura V.3 – Gráfico da nota média dos alunos nas questões relacionadas conceitualmente

As questões dos instrumentos representados no gráfico da Figura V.3 podem ser comparadas, já que foram analisadas questões do mesmo tipo, com respostas discursivas e conceituais sobre o mesmo conceito físico. A Avaliação Final tem maior nível de dificuldade, justificado pelo fato dos alunos já terem passado pela Instrução da Física Térmica.

Cada demonstração é assistida em média duas vezes por cada aluno. A Figura V.4 mostra o número médio de vezes que o conjunto de demonstrações é assistido por cada aluno, que não sugere uma relação direta com seu desempenho.

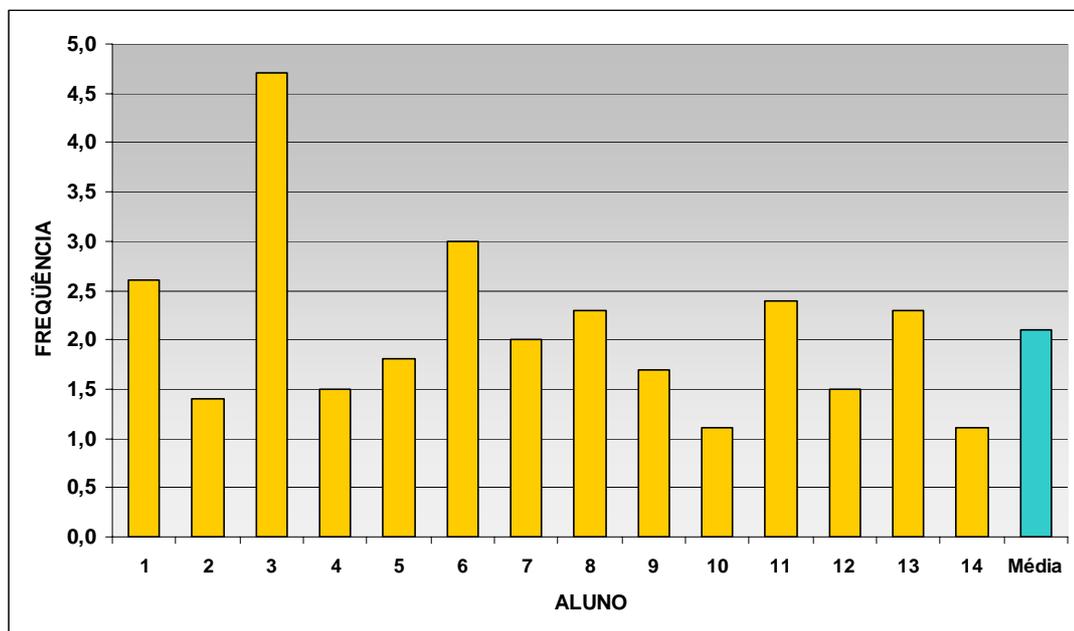


Figura V.4 – Gráfico da freqüência com que as demonstrações são assistidas por cada aluno

O aluno 3 assiste em média cerca de cinco vezes a cada demonstração e tem um desempenho nos instrumentos dentro da média, como observado na Figura V.2. No entanto, o aluno 9, que assiste em média cerca de duas vezes a cada demonstração, tem um desempenho melhor. O aluno 3, por outro lado, demonstra melhor compreensão das demonstrações que assiste quando comparado ao aluno 9, já que nas perguntas de compreensão conceitual da Ficha do Aluno ele apresenta o melhor desempenho, 9 (nove) pontos. Porém, a análise do desempenho de cada aluno desse grupo na Ficha indica que não há uma relação direta com o número de vezes que o aluno assiste às demonstrações.

V.2 – ANÁLISE DAS RESPOSTAS CONCEITUAIS

A análise feita na seção anterior indica a necessidade de se fazer uma análise mais específica das respostas conceituais dos alunos ao Pré e Pós-Teste e à Avaliação Final. Dessa forma, levantou-se a frequência dos tipos de resposta para as questões desses instrumentos associadas às demonstrações, apresentado nas subseções a seguir.

V.2.1 – A Natureza do Calor

A análise das respostas dos alunos relacionadas à demonstração A1 não aponta contribuição para o melhor desempenho dos alunos nos instrumentos, como observado na Tabela V.9.

Tabela V.9 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração A1

A1 - CALOR COMO MATÉRIA					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	0		1		8
P	6		6		0
F	0		0		0
N	2		2		3
B	3		0		0
E	3	5	3		

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
1	O calor é um conceito físico que tem natureza de: <input type="checkbox"/> matéria <input type="checkbox"/> energia <input type="checkbox"/> temperatura

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
1	Um pequeno bloco metálico é colocado no interior de um forno a 250°C. Após meia hora, retira-se o bloco do forno. Um estudante, que conhece o fenômeno da dilatação térmica, afirma que a massa do bloco medida antes e após o aquecimento é diferente. Qual é sua explicação?

Tanto no Pré-Teste como no Pós-Teste seis alunos apresentam respostas parcialmente corretas (P), e apenas o aluno 13, no Pós-Teste, responde corretamente (C). Tendo em vista que não são os mesmos seis alunos que apresentam esse tipo de resposta (P), pode-se atribuir a essa demonstração um efeito aleatório, na qual há alunos que respondem parcialmente correto (P) no Pré e errado (E) no Pós, e alunos que respondem errado (E) no Pré e parcialmente (P) no Pós.

Somente após a Instrução Formal parece haver compreensão parcial sobre a não materialidade do calor por esses alunos, já que oito dos quatorze estudantes têm respostas corretas (C) na Avaliação Final. Três alunos respondem inadequadamente (N) ao associarem a variação de temperatura apenas com a dilatação, sem referência à não alteração da massa.

A situação é diferente quando se analisa a demonstração A2. No Pré-Teste, sete alunos respondem factualmente (F) e um parcialmente correto (P). No Pós-Teste, apesar do número de respostas factuais (F) não variar, um aluno responde corretamente (C) e três apresentam respostas parcialmente corretas (P), como se observa na Tabela V.10 abaixo.

Tabela V.10 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração A2

A2 - CALOR COMO FORMA DE ENERGIA					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	0		1		7
P	1		3		5
F	7		7		2
N	0		0		0
B	3		0		0
E	3		3		0

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
8	Se usarmos um martelo e o batermos sucessivas vezes sobre uma pequena moeda: <input type="checkbox"/> a moeda apenas se deformará <input type="checkbox"/> a moeda não se modifica fisicamente <input type="checkbox"/> a moeda poderá ficar mais quente, além de poder se deformar

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
2	Uma quantidade de água está contida em um recipiente termicamente isolado. Um sistema mecânico de pás agita vigorosamente a água por certo tempo e a temperatura da água aumenta em 1°C. Como você explica esse fato?

O aumento do número de respostas corretas (C, P, F) pode estar associado ao fato dos alunos terem assistido à demonstração A2, já que não há aleatoriedade do padrão de respostas, também constatado pelo fato de que dos três alunos que apresentam respostas erradas (E) no Pré-Teste, dois deles mantêm esse tipo de resposta no Pós-Teste e um evolui à resposta factual (F).

Observa-se que após a Instrução nenhum aluno do grupo apresenta resposta errada (E) e nem deixa de responder (B) à pergunta da Avaliação, apresentando respostas que indicam conhecimento sobre a experiência de Joule (calor como forma de energia), visto que todos os alunos respondem corretamente (C, P, F): metade responde corretamente (C), dois alunos apresentam respostas parcialmente corretas (P), e cinco, factuais (F).

Essa reflexão leva a considerar que o conceito de calor não associado à matéria só parece ser construído após os alunos assistirem à demonstração A2, visto que a demonstração A1 não discrimina as respostas ao Pré e Pós-Teste.

Alguns alunos confundem as grandezas físicas massa e volume, como exemplificado nas respostas abaixo que foram transcritas literalmente dos instrumentos em dois momentos distintos desse estudo.

Aluno 12 – Avaliação Final: “[...] pois a massa varia de acordo com a dilatação térmica e o calor específico do material”.

Aluno 14 – Ficha do Aluno: “O aumento do calor excita os elétrons e faz com que a massa dos corpos expanda, no entanto o módulo permanece”.

O aluno 12 apresenta uma resposta aleatória. Já o aluno 14 indica conhecimento sobre o fato da variação de temperatura alterar as dimensões de um corpo, mas não tem clareza sobre a grandeza física correta para explicar esse fenômeno, utilizando a palavra *massa* ao invés de *volume*, e, ainda, se referindo ao *módulo* talvez querendo falar de *massa*.

V.2.2 – Grandeza intensiva e extensiva

Na demonstração B1 se trabalha o conceito de temperatura como uma grandeza intensiva. A frequência dos tipos de resposta associados a essa demonstração estão na Tabela V.11 abaixo.

Tabela V.11 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração B1

B1 – TEMPERATURA: GRANDEZA INTENSIVA					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	0		1		2
P	0		0		2
F	9		10		5
N	1		1		0
B	2		0		0
E	2		2		5

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
2	Em um recipiente há 10 bolinhas metálicas, todas à temperatura ambiente de 30°C. Se retirarmos uma dessas bolinhas, qual será a sua temperatura? <input type="checkbox"/> 3°C <input type="checkbox"/> 30°C <input type="checkbox"/> 300°C

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
3	Um recipiente contém um volume equivalente a 30 colheres de água a temperatura de 30°C. Quando uma colher dessa água é retirada, qual é a sua temperatura mais provável: maior, igual ou menor que 30°C? Justifique sua escolha.

A resposta dada pelo aluno 5 classificada no Pré como factual (F) evolui no Pós-Teste para correta (C). No entanto, essa demonstração parece não discriminar a justificativa da maioria dos alunos ao Pré e Pós-Teste, classificada como factual (F) para nove alunos no Pré-Teste e para dez alunos no Pós. Esses alunos demonstram uma concepção intuitiva da temperatura como uma grandeza que não depende da extensão do sistema, já que, dificilmente, a classificação de uma grandeza física como intensiva e extensiva é trabalhada no Ensino Médio.

Apenas dois alunos demonstram melhor compreensão conceitual como efeito do OPE, ao não apresentarem resposta (B) ou responderem errado (E) no Pré-Teste, e evoluírem suas respostas para o tipo factual (F) no Pós-Teste.

Em relação à Avaliação Final, os alunos 8, 9 e 14, que tiveram respostas classificadas como factual (F) no Pós-Teste, regridem suas respostas para errado (E), assim como o aluno 3 que não apresentara resposta (B).

O aluno 1 apresenta respostas erradas (E) no Pós-Teste e na Avaliação Final

Aluno 1 – Pós-Teste: “[...] sua temperatura vai demorar a variar, ou seja, o metal conserva a temperatura por mais tempo”.

Aluno 1 – Avaliação Final: “sua temperatura irá aumentar, pois quanto menor o volume, maior a facilidade de variar a sua temperatura”.

Porém, estas respostas são conceitualmente diferentes, mostrando uma incompreensão do conceito trabalhado na demonstração B1, tendo em vista que as questões sobre tal conceito são praticamente iguais nesses instrumentos.

A demonstração B2 mostra que a variação de temperatura de uma quantidade de água é proporcional à capacidade térmica do bloco nela colocado, inicialmente a uma temperatura mais alta. A Tabela V.12 mostra os tipos de resposta nos instrumentos.

Tabela V.12 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração B2

B2 – CAPACIDADE TÉRMICA: GRANDEZA EXTENSIVA					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	0		0		0
P	3		9		10
F	0		0		0
N	1		0		2
B	2		0		0
E	8		5		2

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
5	Dois pedaços de um mesmo metal estão quentes e à mesma temperatura. Um deles tem o dobro do tamanho do outro, e, conseqüentemente, o dobro da massa. Se cada um for colocado em um copo distinto que contém a mesma quantidade de água, o que você pode concluir sobre a variação da temperatura água + metal? <input type="checkbox"/> é a mesma nos dois copos <input type="checkbox"/> será maior no copo que recebeu o pedaço menor <input type="checkbox"/> será maior no copo que recebeu o pedaço maior

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
4	Dois pedaços de um mesmo metal estão quentes e à mesma temperatura. Um deles tem o dobro do tamanho do outro, e, conseqüentemente, o dobro da massa. Se cada um for colocado em um copo que contém a mesma quantidade de água, o que você pode concluir sobre a variação da temperatura do sistema água + metal? Explique.

A maior parte dos alunos erra (E) a questão do Pré-Teste, e apenas três alunos apresentam respostas parcialmente corretas (P). As justificativas dos alunos permitem constatar a confusão entre os conceitos de calor e temperatura.

Aluno 11 – Pré-Teste: *“Porque o corpo que possui maior massa possuirá maior temperatura”*.

Aluno 14 – Pré-Teste: *“Por possuir o dobro da massa, o metal concentrará maior temperatura”*.

A análise dessa demonstração aponta uma relação estreita entre a compreensão conceitual desses alunos e a fenomenologia apresentada no vídeo, já que no Pós-Teste nove alunos apresentam respostas classificadas como parcialmente corretas (P). Os alunos 4, 12 e 14 mantêm suas respostas erradas (E), e apenas o aluno 8 regride conceitualmente sua resposta de parcialmente correta (P) para errada (E).

Esta demonstração parece contribuir para a construção do conceito da capacidade térmica como grandeza que depende da extensão do sistema, já que seis alunos evoluíram suas respostas erradas (E) ou em branco (B) no Pré-Teste para respostas parcialmente corretas (P) no Pós. A análise das respostas da Avaliação Final indica que não houve melhora no desempenho dos alunos, já que apenas o aluno 4 evolui de sua concepção errada (E) no Pré e Pós-Teste para uma resposta parcialmente correta (P).

O aluno 10 não responde à pergunta (N).

Aluno 10 – Avaliação Final: *“Ambos os pedaços de metal em contato com a água vão entrar em equilíbrio térmico. Isso quer dizer que eles vão em um determinado momento atingir a mesma temperatura, isso acontece através da transferência do corpo mais quente para o mais frio”*.

Apesar de expressar conceitos corretos em sua resposta, não faz comparação entre a variação de temperatura dos dois blocos de diferentes massas ao serem mergulhados na mesma quantidade de água, inicialmente à mesma temperatura. Nenhum aluno apresenta resposta correta (C), indicando que o conceito de grandeza extensiva, apesar de parecer ser parcialmente construído com a exibição do vídeo da demonstração B2, precisaria ser melhor trabalhado nas aulas durante a Instrução Formal.

V.2.3 – Trocas de Calor

A demonstração D sobre trocas de calor foi analisada para as duas situações exibidas no vídeo: (I) mistura de quantidades iguais de água; (II) mistura de quantidades diferentes de água.

A análise da frequência dos tipos de resposta para a situação (I) nos Pré e Pós-Teste parece indicar pouca eficiência sobre o desempenho dos alunos, como observado na Tabela V.13 abaixo.

Tabela V.13 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração D1

D1 – TROCAS DE CALOR (I)					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	1		3		6
P	1		2		0
F	3		3		3
N	5		4		0
B	4		0		1
E	0		2		4

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
3	O que acontece quando você mistura quantidades iguais de água, uma bem fria a uma temperatura T1 e outra bem quente a uma temperatura T2? <input type="checkbox"/> cada massa de água permanece à temperatura inicial <input type="checkbox"/> a mistura atinge uma temperatura chamada de equilíbrio térmico próxima de $(T1+T2)/2$ <input type="checkbox"/> a mistura atinge uma temperatura chamada de equilíbrio térmico que é igual a $(T1+T2)$ <input type="checkbox"/> será maior no copo que recebeu o pedaço maior

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
6	Diariamente, antes de ir para o escritório, Bruno compra um copo de café quente a uma temperatura aproximada de 90°C e um copo de água gelada a uma temperatura em torno de 5°C. Os dois copos são iguais e os volumes dos líquidos também são iguais. Ele deixa os copos em uma sala onde a temperatura ambiente é de 20°C. Transcorridos 10 minutos, quais serão as possíveis temperaturas do café e da água mineral? Justifique sua escolha. a) 70°C e 10°C b) 90°C e 5°C c) 95°C e 10°C d) 70°C e 25°C e) 20°C e 20°C

No entanto, a análise do tipo de resposta apresentada por cada aluno sugere alguma eficiência. Três alunos mostram evolução dos tipos de resposta, um para factual (F) e outros

dois para resposta correta (C). As concepções espontâneas associadas ao conceito trabalhado nessa demonstração podem ser identificadas nas respostas dos alunos.

Aluno 12 – Pós-Teste: *“em quantidades iguais de água, as temperaturas iriam se misturar [...]”*.

Aluno 13 – Pós-Teste: *“[...] As mais frias absorverão o calor das mais quentes [...]”*.

Aluno 14 – Pós-Teste: *“Quando dois líquidos de temperaturas diferentes são misturados, tendem a “misturar” a temperatura [...]”*.

Na Avaliação Final, os alunos têm de responder uma pergunta sobre trocas de calor, porém, com nível de dificuldade mais elevado, já que não solicita a temperatura de equilíbrio térmico ao cessarem as trocas de calor, mas sim as temperaturas de dois líquidos, inicialmente a diferentes temperaturas, após dez minutos de trocas de calor com o ambiente em que se encontram enquanto evoluem para o equilíbrio térmico.

Seis alunos demonstram compreensão sobre a situação apresentada na questão, e justificam suas respostas corretamente (C). Contudo, apenas o aluno 8, talvez instigado pela questão, afirma em sua resposta que o intervalo de tempo não é suficiente para que se detecte alguma variação de temperatura.

Aluno 8 – Avaliação Final: *“Como o tempo transcorrido foi muito pequeno, não haverá variações bruscas de temperatura, então as temperaturas do copo com café e da água serão praticamente as mesmas [...]”*

Esse aluno demonstra ainda a dificuldade em se expressar sobre os conceitos de calor e temperatura, mesmo após a Instrução Formal.

Aluno 8 – Avaliação Final: *“[...] O calor do copo de café não pode aumentar, pois não está aplicando nenhuma energia. Se ele aumentasse sem energia, estaria contradizendo as leis da termodinâmica”*

Apesar disso, sua resposta, que possui caráter crítico, foi classificada como correta (C).

A maior parte dos alunos parece ter dificuldade na compreensão da situação abordada nessa questão da Avaliação Final.

A análise para a situação (II) é análoga à análise feita para a situação (I), indicando pouca eficiência sobre o desempenho dos alunos no Pós-Teste em relação ao Pré-Teste, de acordo com a frequência dos tipos de resposta visualizada na Tabela V.14.

Tabela V.14 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração D2

D2 – TROCAS DE CALOR (II)					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	0		0		11
P	4		4		0
F	4		6		0
N	4		3		1
B	2		0		1
E	0		1		1

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
9	Uma panela de água fervendo foi derramada em uma piscina olímpica cheia de água à temperatura em torno de 25°C. Qual será a temperatura aproximada da água na piscina? <input type="checkbox"/> 25°C <input type="checkbox"/> 75°C <input type="checkbox"/> 125°C

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
7	Algumas horas mais tarde, e supondo que a temperatura da sala permaneça a mesma, quais serão as possíveis temperaturas do café e da água mineral? Justifique sua escolha. a) 70°C e 10°C b) 90°C e 5°C c) 95°C e 10°C d) 70°C e 25°C e) 20°C e 20°C

Os alunos demonstram em suas respostas concepções não científicas.

Aluno 2 – Pré-Teste: “a energia contida na panela é muito pequena para modificar a temperatura da piscina”.

Aluno 7 – Pós-Teste: “A quantidade de água despejada em outra temperatura é muito menor”.

No entanto, a análise da questão apresentada na Avaliação Final sobre a situação de trocas de calor (II), complementar a questão analisada na situação (I), dá indícios de que os alunos não têm dificuldades em pensar sobre o processo que leva à situação final de equilíbrio térmico, já que onze alunos respondem corretamente (C).

O aluno 1 é o único que apresenta resposta errada (E), sequer concluindo sobre o equilíbrio térmico.

Aluno 1 – Avaliação Final: *“Como a temperatura do ambiente será constante a dos recipientes também, porque não irá haver troca de calor”*.

Já o aluno 2 conclui que a temperatura de equilíbrio térmico da água e do café com o ambiente é a mesma e igual a do próprio ambiente, porém não justifica sua escolha (N).

Aluno 2 – Avaliação Final: *“Pois não há variação de temperatura”*.

V.2.4 – Mudança de Estado

Pode-se dizer que a demonstração E é uma das que têm maior efeito sobre a compreensão conceitual dos alunos demonstrada nas respostas, como se observa na Tabela V.15.

Tabela V.15 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração E

E – MUDANÇAS DE ESTADO					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	0		3		1
P	3		7		7
F	0		3		0
N	1		0		0
B	6		0		0
E	4		1		6

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
10	O que você pode afirmar sobre a temperatura de um líquido contido em uma panela sobre a chama de um fogão que ficará acesa indefinidamente? <input type="checkbox"/> a temperatura aumenta indefinidamente <input type="checkbox"/> a temperatura aumenta até um valor limite para o líquido e permanece constante <input type="checkbox"/> a temperatura aumenta até um valor limite para o líquido e depois começa a diminuir

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
8	Quatro cubos de gelo retirados de um freezer são colocados em um copo de água que está a temperatura ambiente. Mexe-se até que eles fiquem menores e parem de derreter. Qual é a temperatura mais provável da água no copo? Justifique.

Três alunos apresentam respostas parcialmente corretas (P) no Pré-Teste, enquanto os outros onze alunos ou respondem errado (E), ou não respondem de alguma forma (B, N). Apenas o aluno 14 responde errado (E) no Pós-Teste, e os outros treze alunos apresentam respostas corretas de alguma forma (C, P, F).

A questão sobre mudança de estado na Avaliação Final também está relacionada ao conceito de equilíbrio térmico, já que a mudança de estado ocorre em uma situação de trocas de calor entre água e gelo. Os alunos apresentam dificuldade conceitual ao responderem esta questão, já que apenas um aluno responde corretamente, seis apresentam respostas parcialmente corretas (P) e 7 erram (E).

A maioria dos alunos não demonstra conhecimento sobre o fato de que o equilíbrio térmico é atingido em uma situação na qual coexistem os estados sólido e líquido da substância H_2O , ignorando a existência de um ponto fixo para a mudança de estado, haja vista as respostas desses alunos.

Aluno 4 – Avaliação Final: *“13°C, uma temperatura provavelmente de equilíbrio”*.

Aluno 8 – Avaliação Final: *“[...] o sistema entrou em equilíbrio térmico e a temperatura deve estar em torno da temperatura ambiente”*.

Aluno 10 – Avaliação Final: *“[...] a água ali presente terá a temperatura ambiente”*.

Aluno 12 – Avaliação Final: *“Entre 0°C e 4°C, pois a esta temperatura, ocorre o comportamento anômalo da água”*.

V.2.5 – Dilatação Térmica

Assim como na análise da demonstração anterior, a demonstração sobre dilatação térmica, que não possui nenhum tratamento quantitativo, parece contribuir com eficiência para construção desse conceito para esse grupo de alunos, tendo em vista que após os alunos assistirem à demonstração F do vídeo, doze alunos apresentam respostas corretas (C, P, F) no Pós-Teste, de acordo com a Tabela V.16.

Tabela V.16 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração F

F – DILATAÇÃO TÉRMICA					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	1		1		0
P	0		10		6
F	2		1		0
N	2		0		5
B	3		0		0
E	6		2		3

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
6	O que você faria para abrir um tampo metálico rosqueado que se encontra muito justo em um recipiente de vidro, por exemplo os que acondicionam palmito, azeitona, conservas, etc.? <input type="checkbox"/> usaria um objeto como alavanca para fazer força contra a tampa <input type="checkbox"/> aqueceria a tampa, que poderia ficar frouxa em relação ao vidro <input type="checkbox"/> usaria um pano e forçaria a abertura da tampa rosqueada

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
9	Imagine que o coeficiente de dilatação térmica do vidro fosse maior que o do mercúrio. Que modificação deve ser feita na construção de um termômetro para que este possa medir temperaturas corretamente? Justifique.

O aluno 8 é o único que responde corretamente (C) tanto no Pré-Teste como no Pós-Teste. No Pré-Teste os alunos não aplicam o conceito de dilatação térmica para justificar a questão, e apenas dois alunos apresentam respostas factuais (F), justificando a abertura da tampa pela dilatação do metal, sem fazer qualquer referência à relação entre os coeficientes de dilatação das substâncias que constituem a tampa e o pote.

No Pós-Teste, a maior parte desse grupo de alunos apresenta respostas classificadas como parcialmente corretas (P). Pode-se dizer que essa demonstração tem efeito positivo, já que nenhum aluno apresentou regressão quanto ao nível de compreensão conceitual de sua resposta no Pós-Teste quando comparado ao Pré-Teste.

Aluno 11 – Pré-Teste: *“usaria um pano [...] porque é o que eu normalmente faço”*.

Aluno 11 – Pós-Teste: *“aqueceria a tampa [...] pois ao aquecer o tampo iria ficar dilatado possibilitando a abertura mais facilmente”*.

O aluno 11, por exemplo, utiliza o senso comum, o cotidiano da 'cozinha de sua casa', ao responder esta questão primeiramente; depois pensa em um efeito do calor através do conceito de dilatação térmica da tampa metálica para soltá-la do frasco de vidro.

Os alunos 7 e 9 são os únicos que apresentam respostas erradas (E) no Pós-Teste.

Aluno 7 – Pós-Teste: *“Porque aquecer dilataria o metal, com isso ficaria mais difícil ainda de abrir [...]”*.

Aluno 9 – Pós-Teste: *“O pano serviria como um isolante térmico. Desse modo, ele iria reter calor, fazendo com que a tampa sofresse dilatação”*.

É interessante o fato do aluno 1, que não demonstrou compreensão sobre a natureza do calor nas questões relacionadas às demonstrações A1 e A2, na resposta à pergunta de compreensão conceitual da Ficha da demonstração F afirma que *“o aquecimento da esfera aumenta o volume mas não altera a massa da esfera que passa e não passa através do aro”*. Isto leva a considerar que a construção de um conceito pode ocorrer em qualquer momento das etapas da aprendizagem, devendo-se, sempre que possível, retomar proposições que façam o aluno refletir em diferentes níveis de abstração sobre diferentes conceitos que estejam relacionados.

A questão da Avaliação Final que aborda o conceito de dilatação térmica solicita que o aluno faça uma suposição irreal do coeficiente de dilatação térmica do vidro maior que o do mercúrio. Como a dilatação aparente, tópico estudado durante a Instrução Formal, seria negativa para variações positivas de temperatura nessa suposição, os alunos teriam de concluir que um termômetro construído com essas substâncias deveria possuir uma escala invertida. Porém, não é isso que acontece.

Mais da metade dos alunos ou não responde à questão (N) ou apresenta resposta errada (E), com justificativas que, geralmente, versam sobre a alteração da largura entre as marcações da escala, ou ainda sobre a alteração da quantidade de mercúrio no tubo capilar interno do termômetro.

Os seis alunos que apresentam respostas parcialmente corretas (P), único tipo de resposta correta nessa questão, sugerem a alteração de uma das substâncias, como exemplificado a seguir.

Aluno 2 – Avaliação Final: *“Usar um metal que tenha coeficiente de dilatação maior que o do vidro, assim poderíamos marcar a temperatura sem alterar a estrutura do termômetro”*.

Aluno 5 – Avaliação Final: *“O termômetro não poderia ter sua estrutura feita de vidro. Pois o vidro iria dilatar muito, assim a dilatação aparente do mercúrio seria muito distinta da dilatação real”*.

Alguns alunos demonstram-se confusos em relação aos conceitos de massa e volume em suas respostas ao tentar dar explicações sobre a dilatação térmica, afirmando que *“a massa expandiu ao receber calor”*.

V.2.6 – Propagação do Calor

A demonstração sobre condução térmica é a que tem maior efeito sobre o nível de compreensão conceitual das respostas desses estudantes, observado na Tabela V.17.

Tabela V.17 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração G1

G1 – PROPAGAÇÃO DO CALOR: CONDUÇÃO					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	3		10		6
P	0		2		1
F	6		0		4
N	3		2		1
B	1		0		0
E	1		0		2

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
4	Que tipo de colher presente em uma cozinha deve ser escolhida para mexer uma panela onde se cozinhará um doce de banana? () colher de madeira () colher de metal () colher de plástico

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
5	A utilização de panelas com características específicas pode influenciar o tempo de cozimento de alimentos. Por que motivo uma dona de casa optaria pela compra de uma panela com fundo de cobre ou alumínio, tendo em vista que o calor específico do cobre é 0,093 cal/g.°C e o calor específico do alumínio é 0,22 cal/g.°C?

Enquanto no Pré-Teste seis alunos são factuais (F) em suas respostas, e três alunos respondem corretamente (C), no Pós-Teste dez alunos apresentam respostas classificadas como corretas (C) e dois alunos têm respostas parcialmente corretas (P).

Apesar do efeito positivo, as respostas do aluno 14 tanto no Pré-Teste como no Pós-Teste estão baseadas no senso comum, demonstrando a concepção espontânea de um corpo 'concentrar' temperatura e calor.

Aluno 14 – Pré-Teste: *"A madeira não concentra o calor [...]".*

Aluno 14 – Pós-Teste: *"A colher de metal concentra temperatura [...]".*

Antes de assistir ao vídeo, os alunos 5 e 8, por exemplo, utilizam idéias do senso comum, se expressando com a linguagem do cotidiano.

Aluno 5 – Pré-Teste: *"A de metal irá ficar quente, podendo queimar a mão de quem está fazendo o doce. A de plástico pode derreter, por causa da alta temperatura".*

Aluno 5 – Pós-Teste: *"Pois a madeira é um péssimo condutor de calor".*

Aluno 8 – Pré-Teste: *"Pois a panela será aquecida e a colher de madeira não transmitirá o calor a quem estiver cozinhando".*

Aluno 8 – Pós-Teste: *"A colher escolhida deve ser de madeira porque dessa forma o calor da panela não passará à mão do cozinheiro, já que a madeira tem a propriedade de não conduzir o calor, pois é um isolante térmico".*

No Pré-Teste, o aluno 5 compara os três materiais de que a colher pode ser feita e escolhe a de madeira por 'eliminação', através dos fenômenos que, em extremo, acontecem com o metal e o plástico, já o aluno 8 é factual. Posteriormente, eles utilizam o conceito de condução associado ao fenômeno do qual já tinham conhecimento, que pode ter sido 'reativado' quando assistiam a essa demonstração, que não exibiu a madeira como mau condutor de calor, mas sim diferentes metais e o teflon.

A questão da Avaliação Final sobre condução térmica está associada ao conceito de calor específico, já que essa é uma das grandezas mais importantes no estudo da Termologia, por se tratar de uma propriedade da matéria. Alguns alunos não fazem comparação entre a condutividade do cobre e do alumínio, dando justificativas sobre a condutividade dos metais em geral. Os alunos 1 e 4 são os únicos que erram a questão ao atribuir ao alumínio o maior calor específico, talvez por falta de atenção ao comparar os dados fornecidos na questão, 0,093 cal/g.°C e 0,22 cal/g.°C para o alumínio e o cobre respectivamente.

As respostas dos alunos classificadas como corretas (C) discutem o cobre como melhor condutor por possuir calor específico mais baixo, daí ser o material escolhido para a confecção do fundo de uma panela com o intuito de cozinhar mais rapidamente os alimentos. O aluno 14, por exemplo, que apresentou dificuldade em suas respostas nas demonstrações até aqui analisadas, responde corretamente ao comparar o cozimento dos alimentos.

Aluno 14 – Avaliação Final: “O material constituinte influencia no tempo que a panela absorve calor; a panela feita de cobre recebe uma quantidade de calor igual a de alumínio, só que em menor tempo”.

A análise da demonstração G2 sobre convecção térmica não parece contribuir significativamente para uma melhor compreensão conceitual desse conceito. Diferentemente das demonstrações iniciais que compõem o vídeo, a contribuição pouco notória está relacionada ao fato da maioria dos alunos provavelmente já terem construído o conceito escolarizado da convecção térmica, já que no Pré-Teste doze respostas são classificadas como corretas (C, P, F), e no Pós-Teste este número aumenta para treze, como se observa na Tabela V.18 a seguir.

Tabela V.18 – Frequência dos tipos de resposta para a demonstração G2

G2 – PROPAGAÇÃO DO CALOR: CONVECÇÃO					
TIPO DE RESPOSTA	PRÉ-TESTE	ORG. PRÉVIO EXPER.	PÓS-TESTE	INSTRUÇÃO FORMAL	AVALIAÇÃO FINAL
C	3		4		2
P	4		3		3
F	5		6		0
N	2		0		3
B	0		0		0
E	0		1		6

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DO PRÉ / PÓS-TESTE
7	Qual é a melhor posição para instalar um aparelho de ar condicionado em uma sala que fica fechada? () próximo ao teto () próximo ao chão () não faz diferença

N.º	ENUNCIADO DA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO FINAL
10	Em um forno convencional, a grelha onde se apóia, por exemplo, um tabuleiro para assar um bolo fica na metade superior. Uma pessoa acredita que cozinhará melhor o bolo se a grelha for colocada mais próxima à parte inferior, ou seja, da chama do forno em si. O que você argumentaria?

Os alunos demonstram em suas respostas, às vezes de forma confusa, já ter algum conhecimento sobre o fato das partes de um fluido a diferentes temperaturas possuírem densidades diferentes, dando origem às correntes de convecção térmica.

Aluno 6 – Pré-Teste: “o ar frio é mais denso, logo tende a descer, logo a sua posição deve ser próxima ao teto”.

Aluno 7 – Pré-Teste: “as massas de ar quente são mais leves”.

Aluno 12 – Pré-Teste: “o “ar frio” (não presença de calor), é mais denso, logo ele recairia pela sala em direção ao solo, refrescando, em contra partida o ar quente ficaria em cima”.

A maior parte dos alunos demonstra o mesmo nível de compreensão conceitual no Pós-Teste comparado ao Pré-Teste, e somente o aluno 1, que não respondeu a questão (N) no Pré, apresenta resposta errada (E) ao afirmar que “o ar condicionado deve ser instalado na parte de baixo”.

Porém, a análise dessa demonstração mostra que os alunos não aplicam o conceito físico da convecção térmica para situações diferentes, como no caso do dedo colocado em

cima e na lateral da chama de uma vela, talvez, por conhecerem apenas o exemplo de aplicação desse conceito para o ar condicionado, exemplo comum na maioria dos livros didáticos.

Aluno 12 – Ficha do Aluno: “Ao lado da chama da vela a temperatura mantém a mesma e acima a temperatura aumenta; pois parece que a temperatura só aquece na coluna acima da vela”.

A situação na Avaliação Final, no entanto, é inesperada, já que os alunos, de fato, não transpõem o conceito de convecção térmica para explicar a posição da grelha do forno de um fogão convencional. Quase a metade dos alunos apresenta respostas erradas (E) ao não refutarem a idéia de que a grelha deva ser colocada na parte inferior do forno com o intuito de cozinhar com mais eficiência um bolo, ou ainda, ao responderem que não haveria diferença.

Nenhum aluno apresenta resposta completamente correta, ratificando a melhor posição para grelha como no meio do forno. Os alunos 12 e 13 tiveram suas respostas classificadas como corretas (C) pois explicam as correntes de convecção térmica no interior do forno, porém afirmam que a grelha deve ser colocada na parte superior.

Aluno 12 – Avaliação Final: “Que seria melhor colocar a grelha na parte superior, já que o ar quente liberado pelo forno, acumularia-se em cima, enquanto o mais frio acumularia-se na parte inferior, até que as trocas de calor, fizessem com que o calor fosse distribuído igualmente em todas as partes do forno”.

Aluno 13 – Avaliação Final: “Quanto mais quente o ar, mais ele sobe, portanto o forno estaria mais quente na parte superior”.

Todos os alunos desse grupo, de uma maneira geral, demonstram ter algum conhecimento sobre o conceito de convecção térmica, todavia não generalizam, tendo em vista o bom desempenho apenas no Pré e Pós-Teste, quando a aplicação era sobre o ar condicionado, e o mau desempenho na Avaliação Final.

CONCLUSÃO

Como conclusão deste trabalho, apresentam-se algumas considerações finais, recomendações e propostas de utilização do vídeo.

A incorporação planejada do vídeo na educação visa a atender às exigências do mundo atual, onde a ausência de um ensino de ciência com base fenomenológica pode interferir na aprendizagem significativa do aluno. Além disso, o uso do vídeo em sala de aula ordena e esquematiza melhor a seqüência do discurso, auxiliando o professor a esclarecer e a reforçar as informações mais importantes.

Outras tecnologias, como o computador, parecem não estar dando conta dessas exigências, em parte devido à falta de familiaridade dos professores com recursos computacionais. Mesmo em países como os Estados Unidos, aonde o computador vem sendo usado sistematicamente na educação há pelo menos cinquenta anos desde a criação do CAI – *Computer-Aided Instruction* (Instrução Auxiliada por Computador), não se observa contribuição específica na qualidade do ensino de ciências.

Um professor de Física motivado e sem recursos de laboratório pode produzir vídeos de demonstrações experimentais, ou ainda, pode estimular seus alunos a desenvolverem trabalhos usando esse recurso, como mostrado nos trabalhos de CONDREY (1996) e FILIPECKI & BARROS (1999). O uso do vídeo *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica* em sala de aula pode atender à necessidade de material didático estruturado que apresente fenômenos físicos com evidência, diferente dos esquemas e diagramas estáticos em páginas de livros didáticos ou desenhados em quadros-negros.

Os resultados apresentados neste trabalho sobre a aplicação do vídeo como Organizador Prévio Experimental (OPE) mostram que existe um efeito para construção de conceitos básicos da área de Termologia pelos alunos, que pode estar associado não somente ao vídeo, mas também às suas características e à forma proposta de utilização. A análise realizada permite, por outro lado, uma visão crítica da utilização do vídeo e sugere que alguma mudança possa ser feita quando se utilizam as demonstrações.

O estudo desta aplicação indica que a mudança da concepção do aluno do senso comum para científica sobre determinado conceito físico não acontece necessariamente quando se trabalha a demonstração sobre o respectivo conceito. No Capítulo V, constatou-se, por exemplo, que o aluno 1 só parece ter aprendido que a massa de um corpo não varia ao ser aquecido na demonstração sobre dilatação térmica, onde ele deixa claro pela primeira vez em suas palavras que “*o aquecimento muda o tamanho do corpo, mas a massa permanece constante*”.

À luz das respostas discursivas dos alunos, poder-se-ia pensar em utilizar perguntas nas Fichas que retomem conceitos trabalhados em demonstrações antecedentes, já que esses alunos apresentam diferentes padrões de respostas às perguntas das Fichas; fazendo uso de grandezas físicas não relacionadas com o fenômeno observado na demonstração e/ou não fazendo referência explícita às informações obtidas no vídeo, indicando o que já sabem. Desta forma o aluno poderia fazer comparações, eliminando ou não o modelo não-científico.

Além disso, nem sempre os alunos fazem uso das informações contidas em uma demonstração, o que aponta para dificuldade dos estudantes no processo de observação, que não pode ser imposto, mas sim construído. Por isso considera-se importante um roteiro de acompanhamento quando se assiste ao vídeo didático.

As demonstrações que compõem o vídeo, caracterizadas como monoconceituais, são conceitualmente dependentes, ou seja, mesmo que uma demonstração trabalhe apenas um conceito, sua compreensão depende de outro(s). Isto é constatado através das explanações dos estudantes, que, em geral, são pontuais, sobre situações isoladas. As generalizações que eles deveriam fazer ao final da Instrução Formal não são freqüentemente encontradas nas respostas da Avaliação Final, que por vezes demonstram inconsistência, com uso de diferentes concepções para explicar o mesmo fenômeno, como no caso da convecção térmica.

Alguns alunos são factuais quando alegam que o “*ar quente sobe*”, e consideram essa justificativa definitiva para a existência das correntes de convecção. Os alunos que justificam corretamente, ainda assim parecem não ter clareza sobre o conceito físico envolvido, mesmo após a Instrução Formal.

Conclui-se que a área de Física Térmica, considerada por muitos pesquisadores e professores de Física como de mais fácil compreensão por ser próxima do cotidiano das pessoas, apresenta conceitos difíceis de serem modelados pelo aluno, já que as concepções espontâneas existentes na sua estrutura cognitiva estão arraigadas em suas idéias baseadas no senso comum, não-científico, como, por exemplo, a idéia do calor contido em um corpo ou a idéia da temperatura como medida do calor.

O uso do vídeo no contexto escolar, dadas suas características de linguagem, exige do professor habilidades que promovam condições para que os alunos reflitam sobre o que assistiram, de modo a tornar aquilo que foi visto em algo aprendido, como por exemplo congelar a imagem, repetir a exibição com outro ritmo, observar reiteradamente alguns planos, entre outros. Deve-se refletir quanto ao uso do vídeo em uma sala de aula, já que sua forma de utilização é tão importante quanto o próprio vídeo, devendo sempre estar articulada com a proposta educativa. Nesse sentido, é importante que as características do vídeo desenvolvido sejam levadas em consideração para sua utilização.

O vídeo monoconceitual proporciona uma gama de possibilidades de uso, facilitando sua apropriação por diferentes professores em diferentes contextos para diferentes alunos. Ele pode ser entendido como um tipo de “pau para toda obra”, o qual o professor insere onde e como quiser em sua prática a fim de conseguir um ponto de apoio, completar um vazio ou formalizar um ensinamento, além de outras possibilidades.

Recomenda-se o uso do vídeo *Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica* sempre em conjunto com seu Guia de Acompanhamento, através de uma seqüência: observação → registro → pergunta → explicação. Deste modo, sugerem-se a seguir algumas estratégias de utilização do vídeo:

1. *Organizador Prévio Experimental (OPE)*: utilização de todas as demonstrações antes da apresentação formal dos conteúdos, a fim de criar um arcabouço que poderá servir para sustentação dos novos conceitos.
2. *Ilustração da Teoria (IT)*: as demonstrações podem ser utilizadas seletivamente, à medida que o professor apresenta novos conceitos quando progride no programa escolar;
3. *Estudo Independente (EI)*: os estudantes assistem às demonstrações, sem a intervenção do professor, em casa com o uso do *dvd player* ou computador, ou ainda, no laboratório de informática da escola;
4. *Ensino a Distância (EAD)*: o Guia de Acompanhamento pode ser adaptado para um roteiro de ensino a distância e o vídeo utilizado como material EAD.

Não há uma receita única para o uso do vídeo. Os professores devem se apossar do material audiovisual e utilizá-lo da melhor forma. No Brasil, o vídeo didático ainda não é entendido como uma estratégia que pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem de ciências através do uso sistemático e controlado dessa tecnologia da informação e comunicação na sala de aula.

A solução para a melhoria do ensino de Física no Brasil está relacionada à conjugação de vários esforços, bem aquém do tema deste trabalho, que não defende o uso do vídeo como a solução das dificuldades dos estudantes em Física Térmica, mas sim o enriquecimento do planejamento do professor com a utilização desse material didático audiovisual associado ao texto sugerido. A utilização do vídeo se mostrou eficaz como uma estratégia alternativa para promoção da aprendizagem conceitual mais adequada.

A produção de vídeos de demonstrações experimentais simples em larga escala por docentes e discentes geraria um acervo que poderia ser disponibilizado publicamente, por exemplo, no *youtube* (www.youtube.com.br), site da internet utilizado em todo o mundo, que funciona como repositório onde os usuários cadastrados podem compartilhar seus vídeos e qualquer pessoa pode assistir. O Brasil é um dos países com maior número de acessos segundo estatísticas recentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. J. M. *Uma Nova Ordem Audiovisual: novas tecnologias de comunicação*. São Paulo, SP: Summus, 1988.
- ALONSO, A. S. M. O método e as decisões sobre o meio didático. (in) SANCHO, Juana M. *Para uma Tecnologia Educacional*. Porto Alegre, RS: Artmed. 1998.
- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. *Curso de Física*, 5ed, 2v. São Paulo, SP: Scipione, 2000.
- AMARAL, I. A.; MEGID NETO, J. Qualidade do Livro Didático de Ciências: o que define e quem define? *Ciência & Ensino*, Campinas, SP, n.2, p. 13-14, 1997.
- AUSUBEL, David. *Educational Psychology: a Cognitive View*. New York, USA: Holt Rinehart and Winston, 1968.
- BAEZ, A. *Physics: A Spiral Approach*. New York, USA: Wesley, 1960.
- BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Desenvolvimento e Utilização de um Programa de Análise de Imagens para o Estudo de Tópicos de Mecânica Clássica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, SP: SBF, V24, N2, 2002.
- BARROS, S. S. et al. A Study of Spontaneous Concepts Related to Heat Phenomena Conducted with Brazilian Students. In: SHIMODA, K.; RYU, T. (Eds). *Proceedings of International Conference in Trends in Physics Education*. Physics Education Society of Japan: KTK Scientific Publishers, 1986.
- BARROS, S. S.; FILIPECKI, A. T.; PEREIRA, M. V.; OLIVEIRA, S. R. Análise, Uso E Produção de Vídeos Educativos para o Ensino de Física no Ensino Médio: A Tecnologia na Reestruturação da Sala de Aula. In: *Anais do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 2000, Florianópolis. São Paulo, SP: SBF, 2000.
- BARROS, S. S. e ELIA, M. F. As Disciplinas Curriculares: O Ensino de Física no Brasil. *Revista de Educação*, AEC, ano 25, n.101, p. 27-42, 1996.
- BÉCU-ROBINAULT, K. Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels: introduction expérimentale du concept de puissance. *Didaskalia: Recherches sur la Communication et l'Apprentissage des Sciences et des Techniques*. FRA: Lyon, 11, p.7-37, 1997.
- BRAGA, J. L.; CALAZANS, M. R. *Comunicação e Educação: questões delicadas na interface*. São Paulo, SP: Hacker Editores, 2001.

- BRASIL. LDB. Lei 9394 de 20 de dezembro de 1996 – *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L9394>>. Acesso em: 12 Ago 2007.
- BRASIL. MEC/SEB. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2000.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + para o Ensino Médio*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2006.
- BRASIL. MEC/SEED. Ministério da Educação. Secretaria de Educação a Distância. *TV na Escola e os Desafios de Hoje: Guia do Curso de Extensão para Professores do Ensino Fundamental e Médio da Rede Pública*. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2ed., 2001.
- BRUNER, J. *The Process of Education*. Massachusetts, USA: Harvard University Press, 1993.
- CARVALHO, A. M. P., LABURÚ, C. E. e SILVA, D. Uso do Vídeo para a Avaliação o Ensino e da Aprendizagem. In: *Anais do I Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1997. Águas de Lindóia. Porto Alegre, RS: ABRAPEC, 1997.
- CHIQUELTO, M. J.; VALENTIM, B.; PAGLIARI, E. *Aprendendo Física*, 1ed. 2v. São Paulo, SP: Scipione, 1996.
- COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. *Research Methods in Education*, 5ed. London, UK: RoutledgeFalmer, 2000.
- COLINVAUX, D.; BARROS, S. S.. O Papel da Modelagem no Laboratório Didático de Física: O que há para se aprender? In: *Anais do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 2002. Águas de Lindóia. São Paulo, SP: SBF, 2002.
- CONDREY, J. F. Focus on Science Concepts: Student-Made Videos Zoom in on Key Ideas. *The Science Teacher*, v63, n4, p16-19, Apr, 1996.
- DOCA, R. H.; GUALTER, J. B.; VILLAS BOAS, N. *Tópicos de Física*, 18ed, v2. São Paulo, SP: Saraiva, 2001.
- DRIVER, R.; EASLEY, J. A. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84, 1978.
- DRIVER, R.; ERICKSON, G. Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of student's conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60, 1983.

- DUIT, R. *Bibliography – Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Disponível em: <<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>>. Acesso em 25 mar. 2007.
- ERICKSON, G.; TIBERGHIE, A. Heat and Temperature. In: Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghie, A. (Eds.) *Children's Ideas in Science*. UK: Open University Press, 1985. Chapter 4, p.52-66.
- FEDERICO, M. E. B. *História da Comunicação: Rádio e TV no Brasil*. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1982.
- FERREIRA, L. W. *Educação e Mídia: O Visível, o Ilusório, a Imagem*. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 2004.
- FERREIRA, O. M. C. *Recursos Audiovisuais no Processo Ensino Aprendizagem*. São Paulo, SP: Ed. Pedagógica e Universitária, 2005.
- FERRÉS, J. *Vídeo e Educação*. Porto Alegre, RS: Artes Médicas, 2ed., 1996.
- FILIPPECKI, A. T.; BARROS, S. S. Uma nova estratégia para o laboratório de Física no 2º grau: elaboração de vídeos pelos estudantes. In: *Anais do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1999, Valinhos. Porto Alegre, RS: ABRAPEC, 1999.
- GOLDSTEIN, M.; GOLDSTEIN, I. Is Heat a Substance? – The Conflict between the Caloric and Kinetic Theories of Heat. In: ____ (Eds.) *How We Know*. New York and London, USA and UK: Plenum Press, 1980. Chapter 4, p.63-113.
- GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. *Física e Realidade*, 2ed, v2. São Paulo, SP: Scipione, 1999.
- GUIMARÃES, L. A. M.; FONTE BOA, M. C. *Física para o Ensino Médio*. Rio de Janeiro, RJ: Futura, v.2, 2004.
- HAMBURGER, E. W. et al. Produção, Avaliação e Utilização de um Vídeo para o Ensino de Física Moderna – Radiação Cósmica. In: *Anais do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 1997. Belo Horizonte. São Paulo, SP: SBF, 1997.
- HEWITT, P. G. *Conceptual Physics*. Massachusetts, USA: Addison Wesley, 1998.
- HOSOU, Y e BONETTI, M. C. Audiovisual – Uma Linguagem Atual. In: *Anais do II Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1999. Valinhos. Porto Alegre, RS: ABRAPEC, 1999.
- IF-USP. Instituto de Física da Universidade de São Paulo. *Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1972-1992)*. São Paulo, SP: s.n., 1992.

Disponível em: < http://www.if.usp.br/profis/arquivos/Vol.1_TUDO.pdf>. Acesso em 10 fev. 2007.

_____. *Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1992-1995)*. São Paulo, SP: s.n., 1996. Disponível em: < http://www.if.usp.br/profis/arquivos/vol.2_TUDO.pdf>. Acesso em 10 fev. 2007.

_____. *Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1995-2005)*. São Paulo, SP: s.n., 2005. Disponível em: < http://www.if.usp.br/profis/arquivos/VOL3_ULT.pdf>. Acesso em 10 fev. 2007.

LIMA, L. de O. *Mutações em educação segundo McLuhan*. Petrópolis, RJ: Vozes. 1976.

LUNETTA, V. N. The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teachers. In: FRASER, B. J. & TOBIN, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education (Part One)*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 249-262.

MACHADO, A. *A Arte do Vídeo*. São Paulo, SP: Brasiliense, 1988.

MALLAS, S. *Medios Audiovisuales y Pedagogía Activa*. Barcelona, ESP: Ceac, 1979.

MARTIRANI, L. A. O Vídeo no Ensino Universitário: uma experiência com a Pedagogia da Comunicação. *Revista de Ciência e Tecnologia*. Campinas, SP: Centro de Pesquisa e Tecnologia (CPTec) do Centro Universitário Salesiano de São Paulo, v. I. p. 01-10, 1998.

MENEZES, L. C. *A Matéria*. São Paulo, SP: SBF, 2005.

MORAN, J.M. O vídeo na Sala de Aula. *Comunicação e Educação*. São Paulo, SP: Editora Moderna, n2, 1994.

MOREIRA, M. A. *Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino de Física: a teoria da aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências*. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade, UFRGS, 1983.

_____. Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. In: *Anais do Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Burgos, Espanha, 1997.

_____. *Aprendizagem Significativa*, 1 ed. Brasília, DF: Editora UnB, 1999.

NAPOLITANO, M. *Como usar a televisão na sala de aula*. São Paulo, SP: Contexto, 1999.

NEDELSKY, L. *Science Teaching and Testing*. New York, USA: Harcourt, Brace & World Inc., 1965.

NETO, J. M.; FRACALANZA, H. O Livro Didático de Ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p. 147-157, 2003.

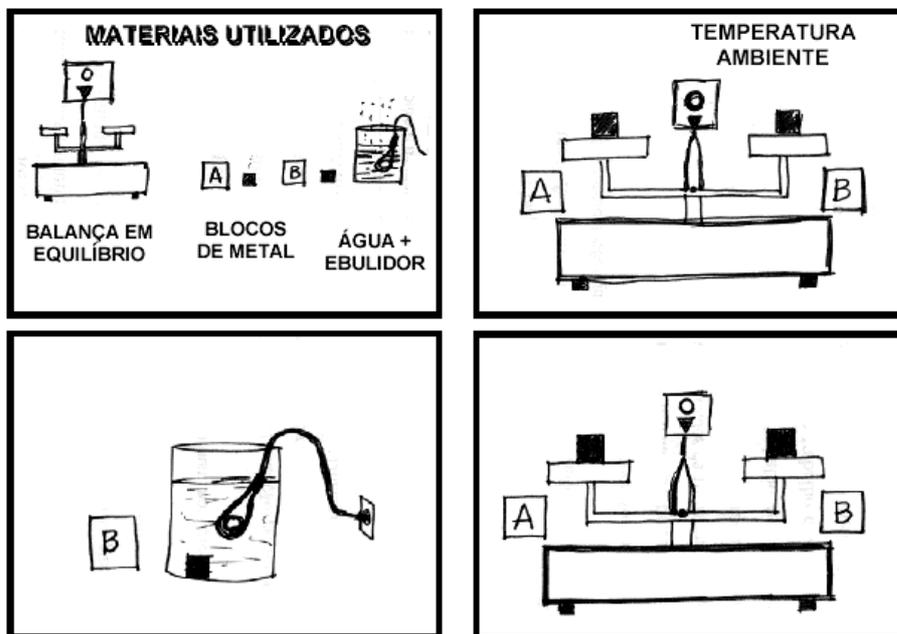
- OLIVEIRA, S. R. *A Utilização do Vídeo como Meio Alternativo para a Realização de Atividades Experimentais*. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2000.
- OLIVEIRA, L. D. Aprendendo Física com o Homem-Aranha: Utilizando cenas do filme para discutir conceitos de Física no Ensino Médio. *A Física na Escola*. São Paulo, SP: V7, N2, 2006.
- PARANÁ, D. N. S. *Física*, 6ed, 2v. São Paulo, SP: Ática, 1998.
- PARENTE, A. (org.) *Imagem-Máquina: A era das tecnologias do virtual*. São Paulo, SP: Editora 34, 1993.
- PEREIRA, M. V.; BARROS, S. S. Desenvolvimento de um Organizador Prévio Experimental em Sala de Aula para a Construção dos Conceitos de Calor e Temperatura Partindo das Concepções Prévias dos Alunos. In: *Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2001, Atibaia. Porto Alegre, RS: ABRAPEC, 2001.
- _____. Estudo do Efeito de Demonstrações em Vídeo como Organizador Prévio para Construção de Conceitos de Física Térmica. In: *Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2003, Bauru. São Paulo, SP: ABRAPEC, 2003.
- PEREIRA, M. V.; CARDOSO, T. F. L. O Conceito de Calor nos Livros Didáticos de Física. In: *Anais do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2005, Bauru. São Paulo, SP: ABRAPEC, 2005.
- PEREIRA, M. V.; FILIPECKI, A. T.; BARROS, S. de S. Produção de Vídeos Didáticos de Física: Estratégia Alternativa para Aprendizagem. In: *Anais do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2003. Curitiba. São Paulo, SP: SBF, 2003.
- _____. Demonstrações Controladas de Fenômenos Térmicos Gravadas em Vídeo. In: *Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2005. Rio de Janeiro. São Paulo, SP: SBF, 2005.
- PINHO, S. T. R. Evolução das Idéias da Termodinâmica e da Mecânica Estatística. In: ROCHA, J. R. (org.). *Origens e Evolução das Idéias da Física*. Salvador, BA: EDUFBA, p. 144-150, 2000.
- PRETTO, N. de L. *Uma Escola sem/com Futuro: educação e multimídia*, 6ed. Campinas, SP: Papyrus, 2005.
- RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física*, 8ed, 2v. São Paulo, SP: Moderna, 2003.

- REORIENTAÇÃO Curricular para o Estado do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://www.limc.ufrj.br/curriculo.htm>>. Acesso em 25 mar. 2007.
- ROHLING, J. H.; NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A.; SAKAI, F. S.; RANIERO, L. J.; BERNABE, H. S. Produção de Filmes Didáticos de Curta Metragem e CD-ROMs para o Ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, SP: SBF, V24, N2, 2002.
- SIMPSON, W. D.; MAREK, E. A. Understandings and Misconceptions of Biology Concepts Held by Students Attending Small High Schools and Students Attending Large High Schools. *Journal of Research in Science Teaching*, v25, n5, p.261-374, 1988.
- SOLOMON, J. Learning through Experiment. *Studies in Science Education*, 15, p.103-108, 1988.
- TIBERGHIEIN, A. Heat and Temperature, the Development of Ideas with Teaching. In: Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghiein, A. (Eds.) *Children's Ideas in Science*. London, UK: Open University Press, 1985. Chapter 5, p. 67-84.
- YEO, S.; ZADNIK, M. Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding. *The Physics Teacher*, USA, AAPT, v.39, p.496-504, 2001.

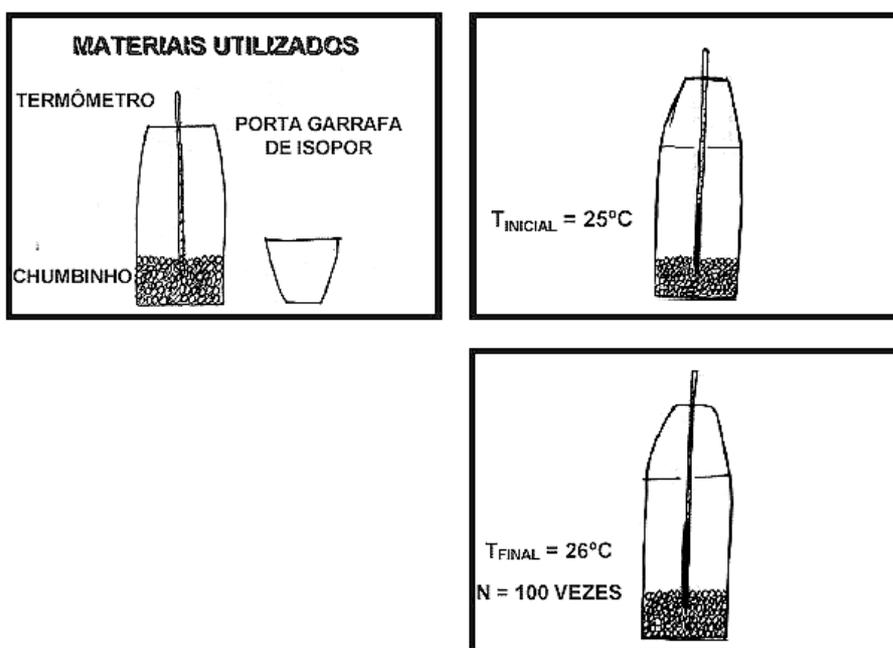
Apêndice I

STORYBOARD DAS DEMONSTRAÇÕES

A1) NATUREZA DO CALOR: CALOR COMO MATÉRIA



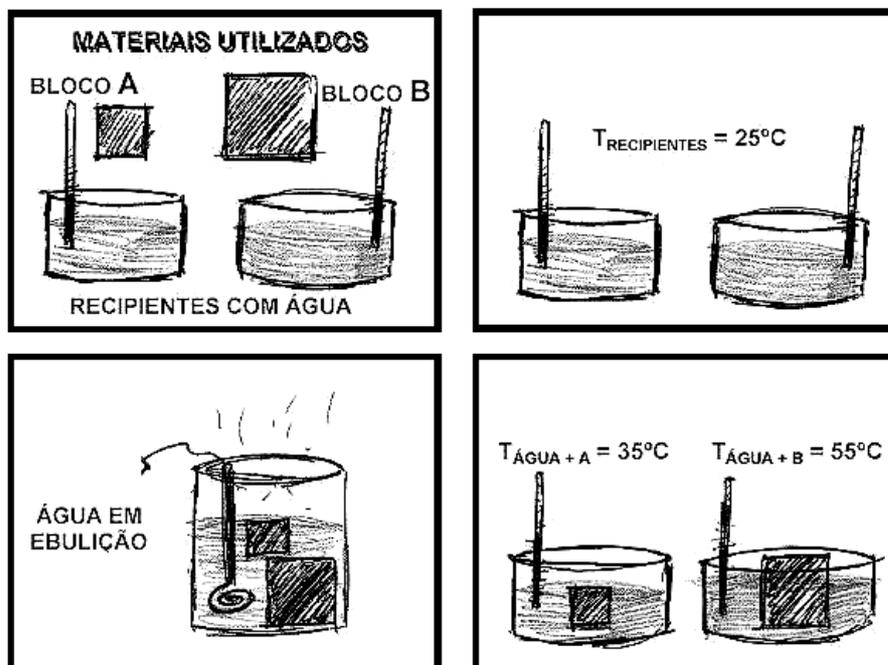
A2) NATUREZA DO CALOR: CALOR COMO FORMA DE ENERGIA



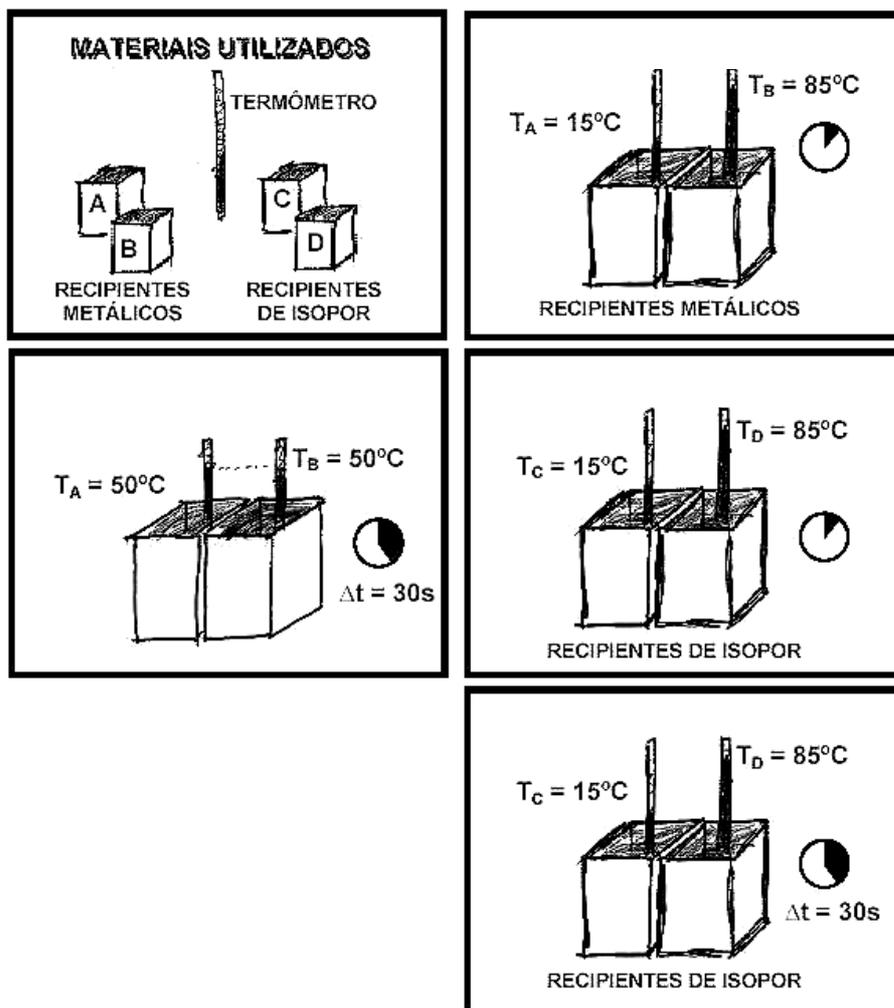
B1) TEMPERATURA: GRANDEZA INTENSIVA



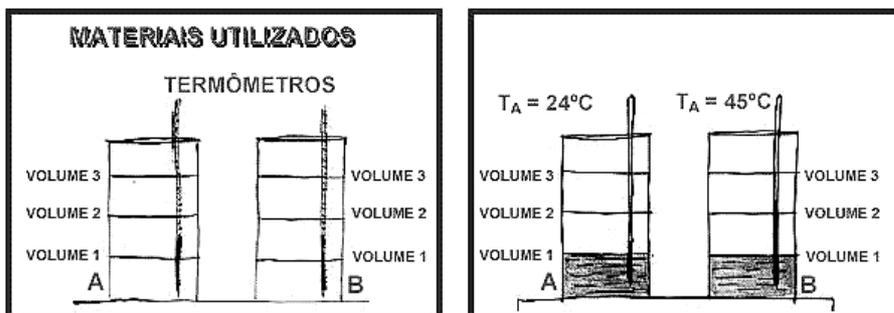
B2) CAPACIDADE TÉRMICA: GRANDEZA EXTENSIVA

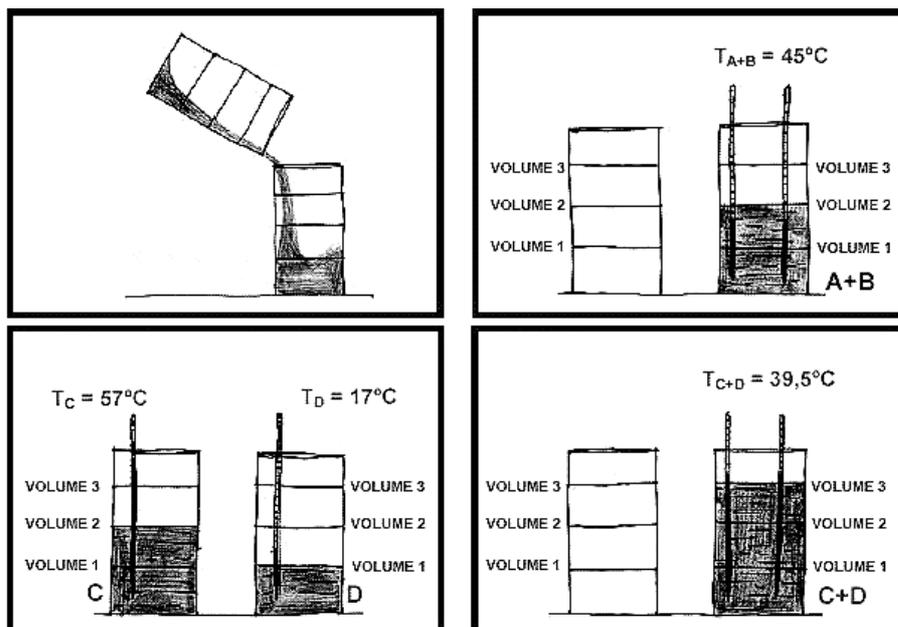


C) CONDUTORES E ISOLANTES TÉRMICOS

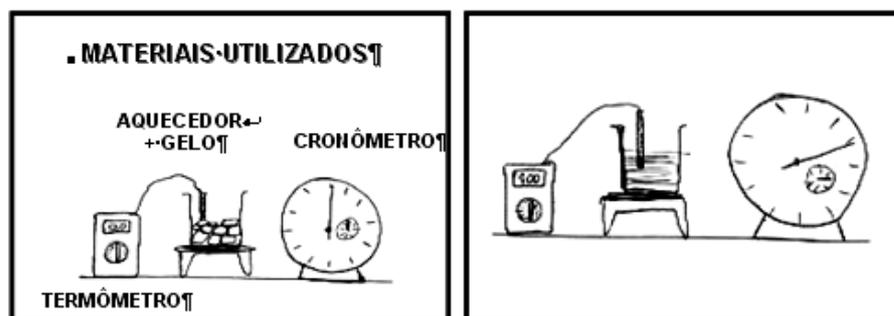


D) TROCAS DE CALOR

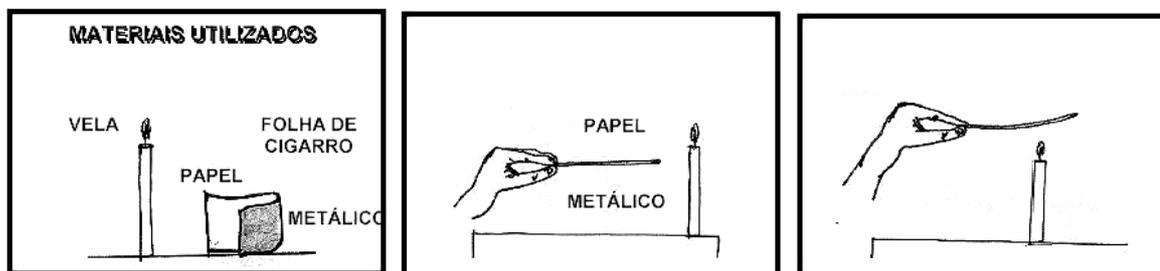


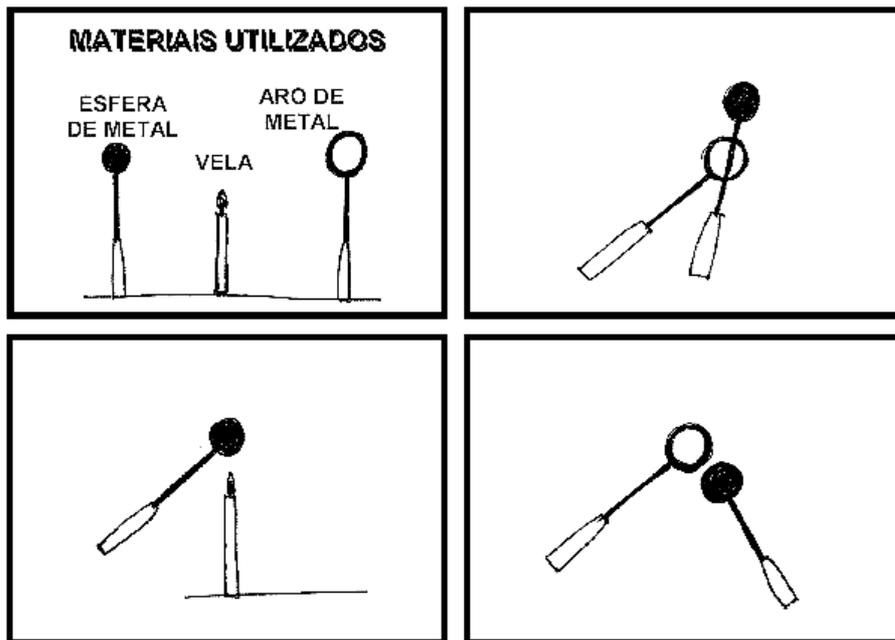


E) MUDANÇAS DE ESTADO

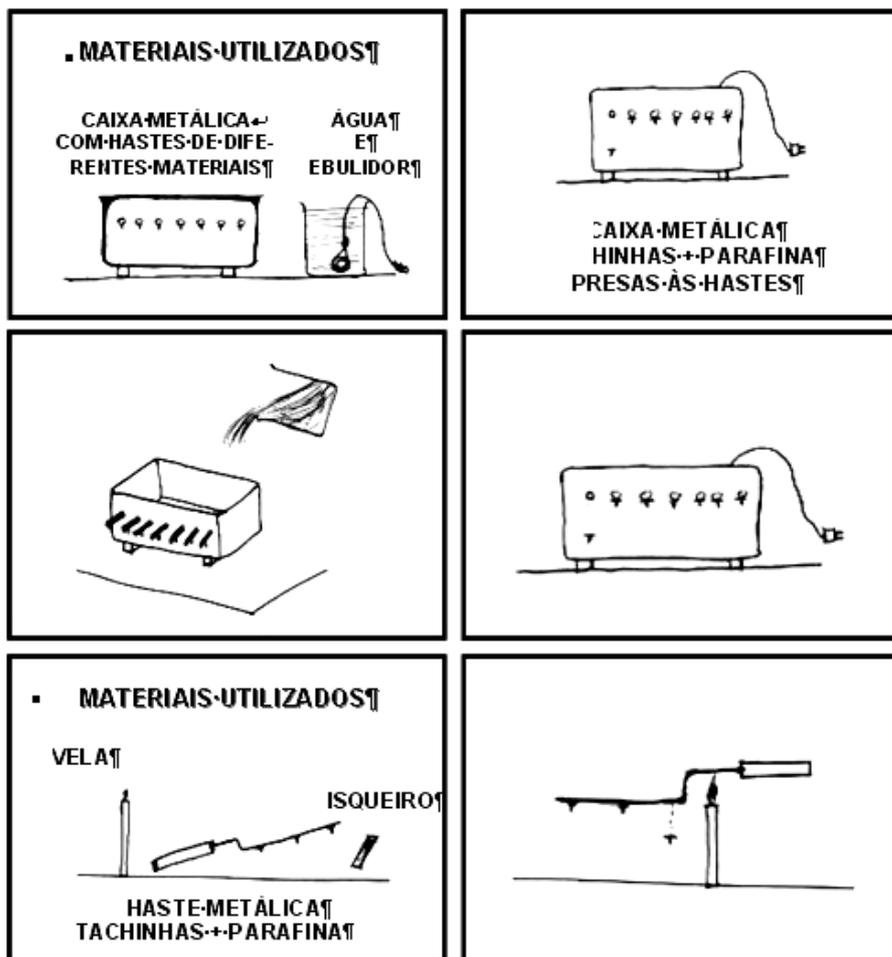


F) DILATAÇÃO TÉRMICA

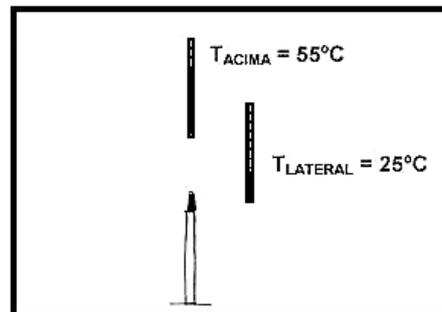
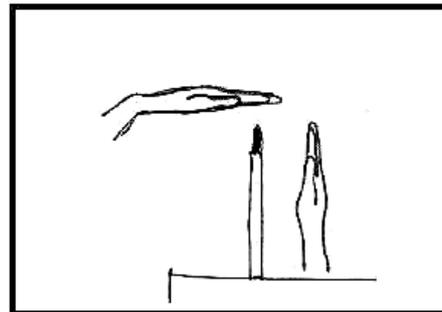
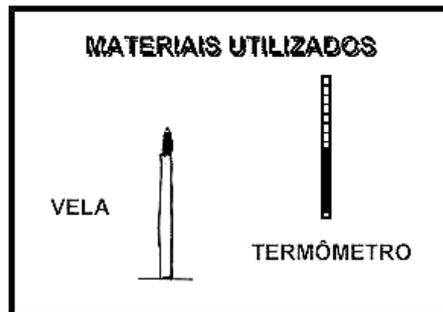




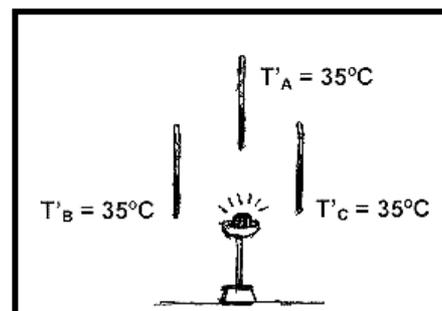
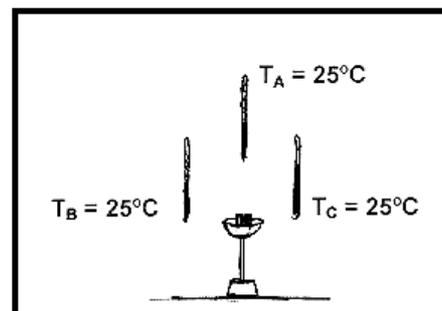
G1) PROPAGAÇÃO DO CALOR: CONDUÇÃO



G2) PROPAGAÇÃO DO CALOR: CONVECÇÃO



G3) PROPAGAÇÃO DO CALOR: RADIAÇÃO



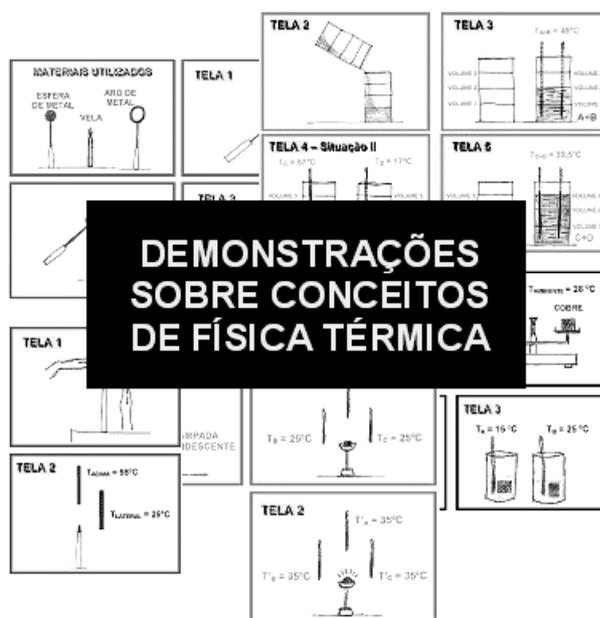
Apêndice II

GUIA DE ACOMPANHAMENTO DO VÍDEO

GUIA DE ACOMPANHAMENTO DO VÍDEO

NOME: _____ / Turma: _____

Vídeo: Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica Data: ___ / ___ / ___



Produção
CEDERJ / UFRJ

Roteiro, Direção, Produção e Concepção Científico-Pedagógica
Marcus Vinicius Pereira
Susana de Souza Barros

Edição Não-Linear, Câmera e Iluminação
Agostinho Mendes da Cunha
Marcus Vinicius Pereira

Instituição de Apoio
Instituto de Física – UFRJ

Realização
Fundação CECIERJ
Consórcio CEDERJ

Coordenação Geral de Produção de Vídeos:
Maria Antonieta Teixeira de Almeida

2006

Este vídeo faz parte do material estudado na dissertação de mestrado de Marcus Vinicius Pereira
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – PPECM / CEFET-RJ

A) NATUREZA DO CALOR: MATÉRIA X ENERGIA

A1) CALOR COMO MATÉRIA

Registro da Observação do Vídeo

Temperatura ambiente _____ °C

Associe uma temperatura inicial ao corpo A _____ °C

Associe uma temperatura inicial ao corpo B _____ °C

Compare as massas dos corpos na balança $m_A > m_B$ $m_A = m_B$ $m_A < m_B$

O que é feito com o corpo B?

Associe uma temperatura à água fervendo _____ °C

Associe uma temperatura final ao corpo A _____ °C

Associe uma temperatura final ao corpo B _____ °C

Compare as massas dos corpos na balança $m_A > m_B$ $m_A = m_B$ $m_A < m_B$

Compreensão Conceitual

- 1) Explique fisicamente a posição da balança com os blocos na situação inicial.
- 2) O que acontece com a balança quando o bloco B é retirado do prato?
- 3) O que acontece com a balança quando o bloco B é retirado do banho quente e recolocado no prato?
- 4) A partir desse fato, pode se afirmar que o calor tem natureza de matéria ou energia? Resuma sua conclusão.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

A) NATUREZA DO CALOR: MATÉRIA X ENERGIA

A2) CALOR COMO FORMA DE ENERGIA

Registro da Observação do Vídeo

Na colisão com o chão após a queda das esferas a de:

borracha reflete (colisão semi-elástica) não reflete (colisão inelástica)metal reflete (colisão semi-elástica) não reflete (colisão inelástica)

Quanto à amostra das pequenas esferas de metal (chumbinho) na garrafa de isopor

Altura de cada queda: _____ cm

Temperatura inicial do chumbinho _____ °C

Número de quedas: _____ vezes

Temperatura final do chumbinho _____ °C

Compreensão Conceitual

- 1) A energia inicial é potencial gravitacional. Em que forma de energia ela se transforma durante a queda?
- 2) De que tipo são as colisões entre as bolinhas de chumbo?
- 3) Tendo em vista que o chumbinho não volta a ter energia potencial gravitacional espontaneamente, o que aconteceu com a energia cinética após as sucessivas quedas?
- 4) A partir das evidências, pode-se associar o calor à substância ou à energia? Resuma sua conclusão.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

B) GRANDEZA INTENSIVA VERSUS EXTENSIVA

B1) TEMPERATURA: GRANDEZA INTENSIVA

Registro da Observação do Vídeo

Nota: termômetros diferentes podem indicar divergências de valor da ordem de 1°C para a mesma temperatura, devido à calibração de fábrica.

Temperatura da massa total de água no becher _____ °C

Temperatura da massa de água retirada na concha _____ °C

Temperatura da massa de água restante no recipiente _____ °C

Compreensão Conceitual

- 1) Por que a temperatura inicial da água é diferente da temperatura após um intervalo de tempo quando a concha é retirada?
- 2) Como você compara a temperatura da massa de água na concha e a restante no becher?
- 3) Explique sua resposta anterior. Resuma sua conclusão.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

B) GRANDEZA INTENSIVA *VERSUS* EXTENSIVA
 B2) CAPACIDADE TÉRMICA: GRANDEZA EXTENSIVA

Registro da Observação do Vídeo

Os blocos são feitos do mesmo material.

Temperatura ambiente _____ °C

Compare as massas dos blocos: $m_2 = m_1$ $m_2 < m_1$ $m_2 > m_1$

Compare os volumes de água: $V_1 = V_2$ $V_1 < V_2$ $V_1 > V_2$

Temperatura inicial da água no recipiente 1 _____ °C

Temperatura inicial da água no recipiente 2 _____ °C

Associe uma temperatura à água em ebulição _____ °C

Associe uma temperatura inicial a cada bloco ao ser retirado do banho quente _____ °C

Temperatura final do sistema (bloco 1 + água no recipiente 1) _____ °C

Temperatura final do sistema (bloco 2 + água no recipiente 2) _____ °C

Compreensão Conceitual

- 1) Por que foi necessário deixar os blocos no banho quente por certo tempo?
- 2) O que acontece com a temperatura da água após cada bloco retirado do banho quente ser colocado em cada recipiente?
- 3) O que acontece com a temperatura dos blocos ao serem colocados nos recipientes?
- 4) Como você compara a temperatura final em cada recipiente.
- 5) Explique sua resposta anterior. Resuma sua conclusão.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

C) CONDUTORES E ISOLANTES TÉRMICOS

Registro da Observação do Vídeo

Recipientes de metal

Temperatura inicial da água no recipiente 1 _____ °C

Temperatura inicial da água no recipiente 2 _____ °C

Intervalo de tempo estimado _____

Temperatura final da água no recipiente 1 _____ °C

Temperatura final da água no recipiente 2 _____ °C

Recipientes de isopor

Temperatura inicial da água no recipiente 1 _____ °C

Temperatura inicial da água no recipiente 2 _____ °C

Intervalo de tempo estimado _____

Temperatura final da água no recipiente 1 _____ °C

Temperatura final da água no recipiente 2 _____ °C

Compreensão Conceitual

- 1) Como você explica a variação da temperatura da água nos recipientes de metal?
- 2) Como você explica a variação da temperatura da água nos recipientes de isopor?
- 3) Compare as respostas dadas em 1 e 2. Resuma sua conclusão.
- 4) Qual é a função da caixa de isopor na qual foram colocados os recipientes?
- 5) Caso não fosse utilizada, o que aconteceria com a temperatura das massas de água?

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

D) TROCAS DE CALOR

Registro da Observação do Vídeo

Nota: o volume é proporcional à altura indicada no recipiente: (1), (2) ou (3)

Situação (I)

Volume inicial 1 _____ Temperatura inicial 1 _____ °C

Volume inicial 2 _____ Temperatura inicial 2 _____ °C

Volume final da mistura _____ Temperatura final da mistura _____ °C

Situação (II)

Volume inicial 1 _____ Temperatura inicial 1 _____ °C

Volume inicial 2 _____ Temperatura inicial 2 _____ °C

Volume final da mistura _____ Temperatura final da mistura _____ °C

Compreensão Conceitual

- 1) Por que as temperaturas das massas de água variam quando misturadas?
- 2) Quanto variou a temperatura de cada amostra de água na situação I?
- 3) Quanto variou a temperatura de cada amostra de água na situação II?
- 4) Compare as respostas dadas em 2 e 3. Resuma sua conclusão.
- 5) De que depende a temperatura final de equilíbrio das misturas?

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

E) MUDANÇAS DE ESTADO

Registro da Observação do Vídeo

Observe a evolução do sistema quando aquecido ao longo do tempo

Temperatura inicial do gelo: _____ °C

Temperatura final da água: _____ °C

Compreensão Conceitual

- 1) O que acontece com a massa de gelo no recipiente?
- 2) Por que a temperatura da água aumenta?
- 3) Explique resumidamente, utilizando conceitos físicos, porque a temperatura da água permanece constante a partir de um determinado instante.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

F) DILATAÇÃO TÉRMICA

Registro da Observação do Vídeo

Sobre a esfera passar através do aro

Antes do aquecimento passa não passa

Após o aquecimento passa não passa

Sobre a folha colocada sobre a chama

Faces da folha _____ e _____

Como fica a folha após ser aquecida?

inalterada curva-se a face de papel curva-se sobre a face metálica

Compreensão Conceitual

- 1) Explique a situação esfera / aro após o aquecimento da esfera.
- 2) O que aconteceria se o aro, do mesmo material que a esfera, também fosse aquecido?
- 3) Explique a situação da folha após o aquecimento.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

G) PROPAGAÇÃO DO CALOR

G1) CONDUÇÃO

Registro da Observação do Vídeo

Anote os materiais que constituem as sete hastes presas à caixa metálica:

Associe uma temperatura à água: _____ °C

Associe uma temperatura às hastes quando se coloca água na caixa _____ °C

Registre a ordem em que caem as tachinhas em função do tempo:

(1) _____, (2) _____, (3) _____, (4) _____

(5) _____, (6) _____, (7) _____

Na segunda situação, em que ordem caem as tachinhas?

(1) _____, (2) _____, (3) _____

Compreensão Conceitual

- 1) Qual a origem do calor cedido às hastes da caixa metálica?
- 2) Explique a razão porque as tachinhas grudadas com parafina às hastes da caixa metálica caem em uma ordem definida. Resuma sua conclusão.
- 3) Explique a razão porque as tachinhas grudadas com parafina à haste aquecida sobre a chama da vela caem em uma ordem definida. Resuma sua conclusão.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

G) PROPAGAÇÃO DO CALOR

G2) CONVECÇÃO

Registro da Observação do Vídeo

Dedo colocado na lateral da chama queima não queima

Dedo colocado acima da chama queima não queima

Distância entre os termômetros e o pavio da vela _____ cm

Temperatura horizontal inicial $T_{\text{HORIZONTAL}}$ _____ °C

Temperatura vertical inicial T_{VERTICAL} _____ °C

Ao se acender a vela:

O que acontece com a temperatura horizontal (lateral à chama da vela)?

O que acontece com a temperatura vertical (acima da chama da vela)?

Compreensão Conceitual

- 1) Em relação à situação inicial, a mão está sempre no ar. Utilizando esse argumento, explique a diferença entre as sensações nas regiões superior e lateral à chama.
- 2) Explique as leituras nos termômetros localizados acima e ao lado da chama da vela. Resuma sua conclusão.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

G) PROPAGAÇÃO DO CALOR

G3) RADIAÇÃO

Registro da Observação do Vídeo

Os termômetros estão aproximadamente eqüidistantes do filamento da lâmpada

Temperatura inicial 1 _____ °C

Temperatura inicial 2 _____ °C

Temperatura inicial 3 _____ °C

Após certo tempo com a lâmpada acesa:

Temperatura 1 _____ °C

Temperatura 2 _____ °C

Temperatura 3 _____ °C

Compreensão Conceitual

- 1) Tendo em vista que agora a temperatura lateral a fonte também aumentou, explique fisicamente as leituras nos termômetros dispostos ao redor da lâmpada acesa. Resuma sua conclusão.

Número de vezes que assistiu a essa demonstração para preencher a ficha: _____

Apêndice III
TABELAS DE DADOS

Tabela A-III.1 – Dados da demonstração A1

A1 - CALOR COMO MATÉRIA											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 1	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 1	A	Resposta à questão 1	A
1	C	Não sei.	B	I	C	2	C	O calor varia de acordo com a temperatura, quanto maior a temperatura, maior o calor e vice-versa.	E	Com o aumento da temperatura, ocorre a variação de volume, levando ao aumento de massa.	E
2	B	Pois a energia gera calor, um bom exemplo disso é o sol.	P	C	C	2	B	Pois é sentido por diversas formas de energia, tais como a luz.	P	A energia do forno passou para o bloco causando uma dilatação, devido a agitação de suas moléculas, que é maior quando se tem mais energia.	N
3	B	O calor é energia térmica.	N	P	C	5	B	O calor tem natureza de energia térmica.	N	Metais quando aquecidos a elevadas temperaturas, dilatam-se e, mas sua massa não aumenta, o corpo dilata-se porque o grau de agitação das moléculas aumenta, chocando-se com mais intensidade na parede do corpo e dilatando-o.	C
4	C	Pois para o identificarmos, utilizamos a temperatura.	E	I	I	3	B	Já que em certas experiências a energia pode ser transformada em calor.	P	A massa continua a mesma, por ser uma grandeza conservativa, porém seu volume aumenta já que, com o aquecimento, há um afastamento entre as moléculas do material.	C
5	B	Porque pode passar de um corpo para o outro.	P	C	C	3	A/B	Há experimentos que comprovam que o calor é matéria, como há alguns que comprovam que ele é energia. Ele pode ter associado aos 2 (matéria e energia).	E	Com o aumento da temperatura de um corpo, as moléculas aumentam sua agitação e se arrumam de forma diferente, aumentando o volume do corpo, mas não haverá variação da massa do corpo.	C
6	B	O calor é uma energia calorífica.	N	C	C	2	B	Porque o calor pode ser transmitido de um corpo para outro, ou seja, é uma forma de energia. E quanto maior a energia maior a temperatura.	P	Ele se baseou no conceito de dilatação, que nos diz que um determinado corpo ao entrar em contato com variações na temperatura (aumento) tende a se expandir volumetricamente, porém sua massa não é alterada.	C

7	C	-	B	I	I	2	B	Fisicamente é considerado energia.	N	Isso pode ser explicado pelo fato de que, todo objeto, independente do material que é formado, sofre dilatação quando há variação na temperatura (aumento). Sabendo que alguns dilatam mais que outros à mesma temperatura devido a capacidade do material que é formado absorver calor (calor específico).	N
8	B	Ele não é matéria, pois não é concreto e ele é energia porque tem a capacidade de ser transmitido a outros materiais.	P	P	C	3	B	Porque pode ser transmitido a outros corpos e perdido.	P	A massa permanece, o que aumenta é o volume do bloco. O estudante está errado.	C
9	B	A temperatura mede a agitação das moléculas. O calor pode ser conduzido e acumulado, logo isso mostra que tem características de energia.	P	C	C	3	B	O calor pode ser conduzido, dissipado e acumulado. Essas são as características de energia. E quando um corpo fica mais quente a sua massa não é alterada.	P	A massa permanece constante, pois no processo de dilatação térmica nenhuma massa é criada, e sim dilatada.	C
10	B	Porque todo corpo que possui calor, possui energia que pode ser convertida e utilizada no dia-a-dia.	P	I	I	1	A	Porque o calor tem a capacidade de aumentar a quantidade de matéria de um determinado corpo.	E	Realmente esta afirmação está correta, porque a variação do tamanho ou massa, depende do coeficiente de dilatação do bloco e da temperatura do mesmo, sendo assim com o aumento de temperatura a um aumento da medida do bloco.	E
11	B	Não sei explicar.	B	I	I	4	B	Porque em certas ocasiões a energia se transforma em calor.	P	A massa não varia, apenas o volume.	C
12	C	O calor depende da temperatura.	E	C	C	1	C	Pois o calor está relacionado diretamente com a temperatura.	E	Pois a massa varia de acordo com a dilatação térmica e o calor específico do material.	E
13	B	O calor é gerado pela agitação das moléculas quando se modifica a energia cinética para calorífica.	P	C	C	2	B	O calor tem natureza de energia, pois não possui massa. Isto é comprovado pelo experimento em que o corpo à temperatura ambiente, possui a mesma massa que o mesmo aquecido.	C	A energia calorífica doada pela fonte transforma-se em energia cinética, isto aumenta a atividade molecular e faz com que o volume do metal tenda a aumentar.	N
14	C	O calor está relacionado.	E	P	I	1	C	Calor está relacionado a temperatura dos corpos.	E	A massa continua a mesma, o que varia é o volume.	C

Tabela A-III.2 – Dados da demonstração A2

A2 - CALOR COMO FORMA DE ENERGIA											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 8	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 8	A	Resposta à questão 2	A
1	C	Não sei.	B	C	P	2	A	O martelo ao bater na moeda automaticamente estará exercendo uma força maior que a moeda pode exercer sobre ele, levando a deformação.	E	Ao agitar o recipiente as moléculas ali juntas ao agitarem elas iram se espalhar, fazendo com que aja maior movimento no recipiente, levando ao aumento da temperatura.	P
2	C	Pois a energia cinética do martelo passará para a moeda.	F	C	C	2	C	Pois a energia cinética do martelo passará para a moeda.	F	O aumento da temperatura nos mostra que houve um aumento da energia presente na água, devido a transformação da energia cinética das pás em calor.	C
3	C	A energia cinética transforma-se em energia térmica.	F	C	C	7	C	A moeda ficará mais quente porque a energia cinética é transformada em energia térmica. A moeda pode se deformar devido à força com que o martelo bate e do material com que é feita a moeda.	F	A energia cinética transforma-se em energia térmica.	F
4	C	Não sei explicar.	B	C	P	2	C	Devido ao atrito de um metal com o outro eles podem se aquecer.	F	Este movimento da água faz aumentar a agitação das moléculas, gerando energia que é transformada em calor. Fazendo com que ocorra um aumento da temperatura.	C
5	C	Pois a parte energia que passa do martelo para a moeda se transforma em calor.	P	C	C	2	C	A energia do martelo que age na moeda, se transforma em energia de calor.	P	A energia que faz as pás se agitarem é transformada em energia térmica, por isso a temperatura da água aumenta.	P
6	C	Devido ao atrito ela tende a se aquecer.	F	C	P	3	C	Devido ao atrito e a energia transmitida do martelo para a moeda, sua tendência é esquentar e talvez deformar-se.	P	Ocorreu a transferência de energia. O trabalho realizado pelas pás gerou energia, e esta foi transferida para a água, na forma de energia calorífica.	C
7	C	A moeda poderá ser deformada devido o atrito.	E	C	C	2	A	Devido o atrito a moeda irá se deformar.	E	Pode-se ser explicado pelo conceito que a temperatura é dado pelo grau de agitação das moléculas. Com a agitação a partir do sistema mecânico, haverá maior interação entre as moléculas, fazendo com que a temperatura aumente.	C

8	C	Ela deformará-se pela ação do martelo e ficará quente pela interação entre eles, que transmitirá energia térmica pelo contato.	E	C	P	2	C	Além de deformar a moeda, porque o martelo impele uma força nela, o martelo ao entrar em contato com a moeda lhe transmite calor. Inclusive, essa é uma propriedade dos metais.	E	A energia térmica adquirida aumentou porque está intimamente ligada à temperatura. A energia e sua variação depende da temperatura e da sua variação. Quando a água foi agitada, as moléculas ficaram mais agitadas, gerando energia térmica.	P
9	C	Aumento de temperatura através do atrito. E é deformado devido a força aplicada nela.	F	C	P	1	C	O calor é conduzido através do atrito.	F	A energia cinética produzida pelas pás é transformada em calor. Quando um corpo recebe calor, as suas moléculas ficam mais agitadas, colidindo umas com as outras; isso faz com que a temperatura aumente.	C
10	C	A moeda ficará quente, além de deformada, porque ao bater com o martelo de forma rápida, você estará transmitindo calor para a moeda.	F	C	C	1	C	Ela ficará quente, porque ela está recebendo uma certa quantidade de energia que é transformado em calor e também deformará dependendo da quantidade de marteladas.	C	Se o sistema é isolado termicamente, isso quer dizer que não há troca de calor do meio externo com o interno. O aumento da temperatura nesse caso, ocorre porque a temperatura varia de acordo com a agitação das moléculas. Então, houve uma agitação das moléculas de H ₂ O, fazendo com que energia fosse gerada, assim ocasionando o aumento de 1°C na temperatura da água.	C
11	C	Porque o contato com a moeda a esquentará.	E	C	C	1	C	Pois batendo sucessivamente a força exercida sobre ela, além do atrito esquentará a moeda.	F	Porque as pás girando aumenta a interação entre as moléculas, fazendo com que elas se agitem mais, gerando quantidade de calor que aumenta a temperatura da água.	P
12	C	Pois o choque entre o martelo e a moeda, produziria energia, esquentando-a.	F	C	P	2	C	Pois transformaria a energia potencial em energia cinética, assim havendo um aquecimento nos objetos.	P	Pois a interação entre as moléculas da água, aumentariam a energia cinética do meio, desta forma, aumenta-se a quantidade de calor, aumentando a temperatura.	C
13	C	O atrito agita as moléculas da superfície.	F	P	P	2	C	O atrito agita as moléculas da superfície dos corpos, gerando calor.	F	A energia cinética que é gerada pelo movimento das moléculas se transforma em energia calorífica.	P
14	C	-	B	C	C	1	C	A energia empregada a moeda transforma-se em energia térmica.	F	Devido a agitação das moléculas da água, há produção de calor.	F

Tabela A-III.3 – Dados da demonstração B1

B1 – TEMPERATURA: GRANDEZA INTENSIVA											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 2	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 2	A	Resposta à questão 3	A
1	B	Não sei.	B	C	I	3	B	Por ser uma bolinha de metal, a sua temperatura vai demorar a variar, ou seja, o metal conserva a temperatura por mais tempo.	E	A sua temperatura irá aumentar, pois quanto menor o volume, maior a facilidade de variar a sua temperatura.	E
2	B	Pois 30°C é a temperatura de todo o ambiente.	F	C	C	2	B	Pois a temperatura ambiente é 30°C, e como a bolinha está contida no ambiente ela permanece com a sua temperatura.	F	Igual. Pois a energia é distribuída uniformemente no recipiente.	F
3	B	As outras opções são absurdas.	N	C	C	8	B	As outras opções são muito absurdas, não teria porque a temperatura baixar ou subir tanto.	N	O volume diminui, e a temperatura diminui. Quanto menor o volume, mais facilmente o conteúdo dentro do recipiente perde calor, tendendo a manter a temperatura de equilíbrio, que no caso seria a ambiente.	E
4	B	Não sei.	B	C	I	1	B	A temperatura é igual em todas as bolinhas já que estão em equilíbrio térmico.	F	Igual a 30°C, já que toda a quantidade está em equilíbrio térmico. Sendo assim qualquer alíquota retirada terá a mesma temperatura.	F
5	B	É independente do número de bolinhas a temperatura de cada.	F	C	C	1	B	Porque, elas estão na mesma temperatura do meio. Os corpos tendem a entrar em equilíbrio térmico com a temperatura ambiente, como eles já se encontram em equilíbrio térmico, a temperatura permanece a mesma.	C	Igual. O fato de mudar o volume não irá interferir na temperatura. A temperatura está relacionada diretamente com o grau de agitação das moléculas, retirando volume, a temperatura não mudará.	C
6	B	Pois a temperatura será igual à temperatura ambiente da bolinha.	F	C	I	2	B	Porque o calor é o mesmo na fonte de calor e no corpo que vai recebe-lo.	F	Igual, pois toda a parte do líquido possui a mesma temperatura.	F
7	B	Porque o corpo de metal absorve o calor da água.	E	C	I	2	B	Pois a bolinha já está em temperatura ambiente, logo ela não trocará calor.	F	Temperatura irá diminuir. $(pV)/T$ sempre terá que ser constante.	E

8	B	A temperatura permanece, pois a bolinha sai de um recipiente à temperatura ambiente e vai para fora dele, onde a temperatura é a mesma.	F	C	I	4	B	A temperatura não irá alterar-se, pois as bolinhas estavam em um recipiente à temperatura ambiente. Ao serem retiradas, as bolinhas vão para um lugar com a mesma temperatura.	F	Provavelmente será menor, pois o volume de água na colher é menor.	E
9	B	Todas elas têm a mesma temperatura.	F	C	P	2	B	Todos estão à temperatura de 30°C.	F	Igual, pois a temperatura independe diretamente da massa. Somente a quantidade de calor que iria variar.	P
10	B	30°C	F	C	I	1	B	A temperatura permanece a mesma, porque uma bolinha não é suficiente para modificar a temperatura ambiente.	F	Não há variação de temperatura, porque a temperatura inicial do líquido está em equilíbrio com o ambiente em que se encontra. Ao se retirar apenas uma colher o líquido tende a se manter novamente em equilíbrio fazendo com a temperatura volte a 30°C.	C
11	B	Porque as outras bolinhas continuam com 30°C, por isso a temperatura do recipiente não vai se alterar.	F	C	C	1	B	Porque as bolinhas que continuaram no recipiente continuarão com 30°C, assim o recipiente continuará com a mesma temperatura.	F	Igual, pois retirando uma colher de água não influencia na temperatura.	F
12	B	A temperatura será a mesma, já que não depende do número de bolinhas, mas está relacionado com a temperatura ambiente.	F	C	P	2	B	As bolinhas continuariam, cada uma, com a temperatura ambiente, pois independe da quantidade de bolinhas.	F	Igual. Pois a temperatura da água, não varia de acordo com o volume desta.	F
13	B	O metal é um bom condutor.	E	C	I	5	B	O metal absorve calor melhor.	E	Igual a 30°C. A temperatura de todo o volume de água é igual, o que varia é a quantidade de calor presente em cada parte.	P
14	B	A presença de corpo ou a retirada dos mesmos não influi na temperatura.	F	C	I	2	B	A retirada das bolinhas não altera a temperatura do recipiente.	F	Provavelmente menor. $Q = m.c.AT$ -> se a massa de água (no caso o volume) diminui, a quantidade de calor no recipiente também diminui.	E

Tabela A-III.4 – Dados da demonstração B2

B2 – CAPACIDADE TÉRMICA: GRANDEZA EXTENSIVA											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 5	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 5	A	Resposta à questão 4	A
1	C	Não sei.	B	C	I	3	C	Quanto maior a quantidade, ou seja, a massa maior será a temperatura do corpo.	E	A temperatura dos sistemas serão as mesmas, pois o tamanho dos objetos não irão alterar na sua variação.	E
2	C	Pois há mais energia distribuída na barra maior.	P	C	C	1	C	Pois é necessário ter mais energia em um corpo de massa maior.	P	No caso do metal maior, a temperatura do copo irá aumentar mais do que no metal menor, pois há mais energia contida no metal maior.	P
3	B	Não sei.	B	C	C	3	C	O corpo que tem maior massa transmitirá mais energia térmica que o que menor massa.	P	O que tem massa maior (tem quantidade de calor maior) cede mais calor para a água, deixando-a mais quente.	P
4	A	Pois são feitas do mesmo material.	E	C	P	1	A	Pois são feitas do mesmo metal.	E	O bloco de maior massa irá fornecer mais calor para a água, tendo assim uma temperatura mais elevada do que o sistema de menor bloco.	P
5	A	Pois a energia do calor das 2 peças de metal é igual.	E	C	C	3	B	O corpo maior retém mais calor, logo passa mais calor para a água, assim ela atinge uma maior temperatura.	P	O que tiver no sistema. O metal maior aumentará mais a temperatura da água, pois tem retido nele uma maior quantidade de calor.	P
6	B	Porque por ser menor ele concentrará mais calor.	E	C	P	3	C	Porque o calor se concentra nas maiores massas, ou seja, é proporcional à massa.	P	A variação da temperatura será maior no sistema com maior bloco, com o maior bloco tem maior quantidade de calor, logo vai doar mais calor para a água.	P
7	C	Porque terá mais calor e a mesma quantidade de água, passará uma quantidade maior de calor.	P	C	C	2	C	Apesar de ter a mesma temperatura o corpo de maior massa tem mais calor, por causa disso troca mais calor.	P	O conjunto que contém mais massa terá uma temperatura maior apesar da mesma temperatura terá mais calor para trocar com a água.	P
8	C	Pelo pedaço maior ter superfície maior, a variação da temperatura no recipiente, incluindo a água mais o metal, também será maior.	P	C	P	3	B	Por ter massa menor o pedaço menor esquentou-se e esfriou-se mais rápido tendo a maior variação de temperatura. Isso deu ao seu respectivo sistema (água + pedaço) maior variação de temperatura.	E	O corpo de maior massa demorará mais tempo para ganhar ou perder calor, porque haverá uma maior região e uma maior quantidade de matéria para ser aquecida ou resfriada, conforme fosse a temperatura da água do copo.	P

9	C	Pois como a massa é maior, logo tem mais moléculas.	N	C	C	1	C	Como um pedaço tem uma massa maior que o outro, logo tem mais moléculas unidas. Com isso, tem mais calor acumulado.	P	A variação de temperatura do copo que estiver com o bloco metálico será maior do que no outro. Isso porque a quantidade de calor depende diretamente da massa. Como só 2 blocos são formados por um mesmo metal, eles têm o mesmo calor específico. Então, a quantidade de calor do maior bloco será o dobro da quantidade de calor do menor.	P
10	A	Não depende da massa do corpo, e sim da temperatura em que o corpo está, que nesse caso é a mesma.	E	C	C	1	C	Quanto maior a massa no copo, maior será a perda de calor. Logo a temperatura será maior no copo que receber o maior pedaço.	P	Ambos os pedaços de metal em contato com a água vão entrar em equilíbrio térmico. Isso quer dizer que eles vão em um determinado momento atingir a mesma temperatura, isso acontece através da transferência do corpo mais quente para o mais frio.	N
11	C	Porque o corpo que possui maior massa possuirá maior temperatura.	E	C	P	3	C	Pois o metal que possui maior massa irá trocar mais calor com a água.	P	O sistema que tiver metal mais pesado irá adquirir uma temperatura maior, pois este metal retém mais quantidade de calor logo vai liberar mais calor e a temperatura desse sistema será maior.	P
12	A	Independente da massa.	E	P	C	2	B	Pois irá conduzir mais calor que o bloco menor.	E	A temperatura nos 2 sistemas será a mesma, pois independem da dilatação.	E
13	C	Maior massa absorve o calor em mais quantidade.	E	C	C	3	C	No corpo de massa maior haveria mais moléculas, portanto mais calor.	P	A água no copo de metal com maior volume ficará maior, pois ele contém mais calorias. (O volume foi usado pois a massa molar dos metais é igual).	P
14	C	Por possuir o dobro da massa, o metal concentrará maior temperatura.	E	P	P	1	C	Por ter o dobro da massa, concentra o dobro de temperatura.	E	O equilíbrio térmico será obtido com maior tempo no sistema em que a massa do metal é maior, pois haverá mais quantidade de calor para equilibrar com a água.	N

Tabela A-III.5 – Dados da demonstração D1

D1 - TROCAS DE CALOR (I)											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 3	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 3	A	Resposta à questão 6	A
1	B	Ao misturarmos uma quantidade de água fria com água quente ela fica morna, ou seja, atingindo uma temperatura chamada equilíbrio térmico.	N	C	C	3	C	Quando misturamos uma água fria com uma quente, a mistura fica com uma temperatura morna, sendo chamada de equilíbrio térmico.	N	(D) Um recipiente quente, em ambiente frio, tem uma tendência maior de perder o seu calor, quanto um recipiente frio, quanto mais frio o ambiente maior a sua temperatura, ou seja, mais frio ele fica.	E
2	B	Pois a energia tende à se equilibrar, logo tiramos uma média das temperaturas.	F	C	P	2	B	Pois a energia se distribui sendo a média das temperaturas.	F	(E) Pois em 20 minutos é possível que a energia dos líquidos já tenham entrado em equilíbrio com a energia do ambiente.	F
3	B	A temperatura atinge o equilíbrio térmico, mas eu não sei a fórmula.	N	C	P	9	B	A água quente perde calor para a água fria e a solução entra em equilíbrio térmico. O equilíbrio térmico seria a média das duas temperaturas.	C	(E) Todos os corpos tendem a se manter em equilíbrio devido às trocas de calor, o copo com água recebe calor e o copo de café quente cede calor.	F
4	-	Não sei	B	C	P	2	B	Elas tendem a aumentar e a diminuir até atingir a média de suas temperaturas.	N	(A) Ambos os líquidos tendem ao equilíbrio térmico. Havendo a diminuição da temperatura do mais quente e o aumento da do mais frio. Porém, creio que em apenas 10 minutos o equilíbrio não irá se estabelecer.	C
5	B	Não sei.	B	C	P	1	B	Os corpos tendem a entrar em equilíbrio térmico, ou seja, a atingirem ao longo do tempo a mesma temperatura, porque o calor passa do corpo mais quente para o menos quente.	C	(D) Como o tempo é pouco, os corpos vão começar o equilíbrio térmico. O corpo mais quente doará calor para o corpo mais frio.	E
6	B	Porque a temperatura da mistura deve ser igual a média das antigas temperaturas.	N	C	P	3	B	Quando massas iguais de um líquido são misturadas, ocorre um equilíbrio térmico e é a média entre as duas antigas temperaturas.	F	(D) Pois os corpos têm a tendência de entrar em equilíbrio com o meio, porém nesse tempo esse fenômeno não se completa e ocorre apenas uma pequena variação na temperatura.	E
7	B	As massas de águas trocarão calor chegando a um equilíbrio	F	C	C	2	B	Os líquidos quando misturados trocarão calor, chegando a um equilíbrio.	F	(A) Os dois líquidos terão temperaturas diferentes das iniciais devido a troca de calor com o meio, o que está mais quente cederá calor e o outro receberá.	C

8	C	-	B	C	C	2	B	A mistura fica em equilíbrio térmico, pois de certa forma, as temperaturas vão se anulando aos poucos. Por isso, a temperatura final da mistura é a soma algébrica das duas temperaturas iniciais.	E	(B) Como o tempo transcorrido foi muito pequeno, não haverá variações bruscas de temperatura, então as temperaturas do copo com café e da água serão praticamente as mesmas. O calor do copo de café não pode aumentar, pois não está aplicando nenhuma energia. Se ele aumentasse sem energia, estaria contradizendo as leis da termodinâmica.	C
9	B	A água que tiver maior temperatura irá ceder calor para a que tiver menor temperatura.	P	C	P	1	B	A que tiver mais quente irá ceder calor para a mais fria, até atingirem a mesma temperatura.	C	(A) O café irá doar calor para o meio, enquanto a água irá receber calor do meio.	C
10	B	Se você mistura dois líquidos de temperaturas diferentes, você tem que dividir pelo número de corpos e assim você achará a média.	N	C	P	1	B	A temperatura chega há um estado de equilíbrio, por isso se divide a soma da temperatura dos corpos, pelo número de temperaturas utilizadas. Assim a temperatura chegará a um equilíbrio térmico.	N	(A) Ambos os copos, em contato com o ambiente tende a entrar em equilíbrio térmico. Logo, após 10 minutos apenas, a temperatura do copo gelado vai aumentar e a do copo quente irá diminuir até que ambos tenham a mesma temperatura em relação a temperatura ambiente.	C
11	B	Porque o calor de uma passará para o da outra, até ficar uma média das 2 temperaturas.	F	C	P	3	B	Porque a que está mais quente transmitirá calor para a que está mais fria e vice-versa, logo ficará uma média das duas temperaturas.	P	(D) A variação de temperatura seria igual.	E
12	B	Pois o líquido apresentaria uma temperatura intermediária.	N	C	P	2	B	Pois em quantidades iguais de água, as temperaturas iriam se misturar, fazendo com que elas atingissem o equilíbrio térmico. Ou seja, a semisoma das temperaturas.	N	(E) Eles atingem a temperatura ambiente, já que não existe nenhum isolante térmico.	F
13	B	As moléculas se agitarão umas as outras, porém, a resistência das moléculas da água fria irá diminuir atividade, então chegará um momento em que as duas estarão equilibradas termicamente em uma temperatura que será média de antes.	C	C	E	2	B	Calor, ou energia calorífica, se distribuirá pelas moléculas equilibrando-se, assim. As mais frias absorverão o calor das mais quentes, assim, distribuindo este calor.	P	(A) Os líquidos trocarão calor com o ambiente na tendência de se equilibrar.	C
14	B	-	B	C	P	1	B	Quando dois líquidos de temperaturas diferentes são misturados, tendem a "misturar" a temperatura que seria a média aritmética das temperaturas.	E	-	B

Tabela A-III.6 – Dados da demonstração D2

D2 - TROCAS DE CALOR (II)											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 9	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 9	A	Resposta à questão 7	A
1	A	Porque a temperatura da água só vai variar quando ela entra em ebulição, então como vai ser imediato a sua temperatura não vai variar.	N	C	C	3	A	A temperatura permanecerá constante, devido à relação da quantidade de água na piscina com a da panela.	F	(D) Como a temperatura do ambiente será constante a dos recipientes também, porque não irá haver troca de calor.	E
2	A	Pois a energia contida na panela é muito pequena para modificar a temperatura da piscina.	P	C	P	2	A	Pois a massa de água contida na panela é desprezível comparado à da piscina.	N	(E) Pois não há variação de temperatura.	N
3	A	A água na panela é pouca para mudar a temperatura da água da piscina olímpica.	F	C	P	9	A	Tem-se muita água na piscina para ser modificada pela temperatura da água da panela que está em uma quantidade bem menor. A piscina ficará a temperatura ambiente.	F	(E) Nenhum corpo perde calor sem que nada ocorra. Como a temperatura manteve-se constante, os objetos que estavam em equilíbrio permanecem em equilíbrio.	C
4	A	Não sei explicar.	B	C	P	2	A	Pois elas tendem ao equilíbrio térmico e como o volume da piscina é maior ele abaixa o da panela.	P	(E) Neste momento, ambos os líquidos já entraram em equilíbrio com o ambiente.	C
5	A	A temperatura irá aumentar, mas pouquíssimo.	F	C	P	1	A	A alteração é muito pouca, por causa da quantidade pequena de água na panela, e porque a piscina está na temperatura do meio.	F	(E) Os dois líquidos entraram em equilíbrio térmico com o meio externo	C
6	A	Pois a água da panela tem uma quantidade ínfima de água comparada à piscina.	N	C	P	3	A	Porque a quantidade de água fervendo é mínima em relação à piscina olímpica, logo a temperatura não se alterará.	F	(E) Os corpos entraram em equilíbrio térmico com o meio.	C
7	A	A quantidade de água que será despejada será muito menor que a contida na piscina não tendo calor suficiente para alterar a temperatura.	P	C	C	2	A	A quantidade de água despejada em outra temperatura é muito menor do que a existente na piscina. O equilíbrio térmico esta ligado a massa também.	P	(E) Os dois líquidos já terão entrado em equilíbrio térmico com o meio, por isso todos terão a mesma temperatura.	C

8	A	Pelo tamanho da piscina, a temperatura da água da panela não fará diferença, logo a temperatura da piscina permanecerá.	F	C	C	2	A	Será aproximadamente a mesma devido ao tamanho e volume de água da piscina, muito superiores aos da panela. Isso mostra que o aquecimento de um líquido depende do seu volume e do volume despejado (transmissão do calor).	P	(E) Após algumas horas, a tendência será cada copo entrar em equilíbrio térmico com a temperatura ambiente.	C
9	A	A panela de água é muito pequena, logo se torna desprezível em relação a piscina olímpica.	N	C	P	1	A	A quantidade de líquido contido na panela é desprezível em comparação a uma piscina olímpica.	N	(E) Eles entram em equilíbrio térmico com o ambiente.	C
10	A	A piscina permanecerá com a mesma temperatura, porque a quantidade de H ₂ O na panela é muito pequena em relação a quantidade de H ₂ O da piscina, por isso a temperatura não se modificará.	F	C	P	1	A	A temperatura continuará, porque a quantidade de água da panela é desprezível, logo ela não modificará a temperatura da piscina.	F	(E) Com mais tempo, a temperatura dos copos tende a se igualar a temperatura ambiente. Esse será o estágio de equilíbrio térmico.	C
11	A	Porque a quantidade de água que foi derramada não será suficiente para aquecer uma piscina olímpica.	P	C	P	3	A	Pois o volume de água na piscina é muito grande, então derramando apenas uma panela de água fervendo não alteraria nada.	F	(E) As temperaturas chegariam a mesma temperatura da sala, por causa do equilíbrio térmico.	C
12	A	Pois a quantidade de água quente derramada pela panela em relação a piscina olímpica é quase que insignificante, não modificando a temperatura.	P	C	P	2	A	Pois são quantidades de água diferentes, sendo a da piscina, superior, logo fosse colocada a água quente da panela a temperatura aumentada seria ínfima, quase imperceptível.	P	(E) Continuam a temperatura ambiente.	C
13	A	É uma piscina olímpica XD	N	C	I	2	A	Não fará muita diferença, pois as proporções são enormemente distantes.	N	(E) Os líquidos trocarão calor com o ambiente na tendência de se igualar (se equilibrar).	C
14	A	-	B	C	P	1	B	Ocorre um equilíbrio térmico no qual a temperatura da água é 100 graus.	E	-	B

Tabela A-III.7 – Dados da demonstração E

E - MUDANÇA DE ESTADO											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 10	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 10	A	Resposta à questão 8	A
1	A	Não sei.	B	P	P	1	B	A temperatura irá aumentar até atingir o ponto de ebulição, 100°C e a partir daí ela irá permanecer constante.	P	Não sei bem a sua temperatura, mas podendo afirmar que com certeza era mais alta do que a do gelo.	E
2	C	O líquido receberá energia até se tornar um gás, e assim ficará pelo ar até que sua energia se dissipe pelo ar e ele volte a ser líquido.	E	C	C	1	B	Pois o líquido entrará em ebulição em uma temperatura X.	F	Próxima a 0°C, pois a 0°C a água do copo congelaria.	P
3	B	Não sei.	B	C	C	2	B	A temperatura do líquido aumentará até seu ponto de ebulição, depois permanecerá constante. Por exemplo, a água entra em ebulição a 100°C depois permanece constante.	P	Ela torna-se mais gelada pois perde calor para o meio. A temperatura se aproximaria de 0°C.	P
4	B	Não sei explicar.	B	P	C	1	B	A temperatura vai aumentar até um certo momento em que, mesmo aquecendo, ela não aumenta mais.	F	13°C, uma temperatura provavelmente de equilíbrio.	E
5	A	Para umas das outras alternativas serem verdadeiras era preciso saber qual era o líquido (substância) puro ou impuro.	E	C	C	2	B	Acontece devido ao ponto de ebulição.	F	Pouco menos que 0°C, porque nesta temperatura o gelo não irá fundir.	P
6	B	Não sei.	B	C	C	3	B	Todo líquido tem seu ponto de ebulição, e após este sua temperatura se mantém.	P	0°C. Porque a temperatura se mantém até que todo o gelo se transforme em água, que derreta completamente, pois todo o calor recebido será utilizado no derretimento do gelo.	C
7	B	A temperatura permanecerá constante para o valor limite esse valor só varia se a pressão for alterada.	P	C	C	2	B	Porque todo líquido tem uma temperatura máxima, a de ebulição, que a partir dela passa-se para um outro estado.	C	O copo terá uma temperatura menor do que a do ambiente, pois terá entrado em equilíbrio com os 4 cubos de gelo.	P

8	A	Enquanto a chama estiver acesa, ela estará aquecendo o líquido.	E	C	C	2	B	O líquido tende a aquecer-se até alcançar seu ponto de ebulição, que é um valor limite. Essa é uma propriedade dos líquidos.	P	Até o gelo derreter, tem-se o seu calor latente, isto é, não há variação de temperatura. Se o gelo parou de derreter mas não chegou a virar totalmente água, provavelmente o sistema entrou em equilíbrio térmico e a temperatura deve estar em torno da temperatura ambiente.	P
9	B	Toda substância possui um ponto específico, e como a chama permanecerá acesa, logo irá manter a temperatura.	P	C	C	1	B	Toda substância tem um ponto de ebulição específico. Chega um momento que todas as moléculas receberam a quantidade de calor máxima, que é suficiente para a mudança de estado.	C	0°C. É a temperatura de fusão do gelo. Como o gelo recebeu calor da água, a sua temperatura aumentou até 0°C para que o mesmo derretesse e depois entrasse em equilíbrio térmico com a água.	P
10	B	Todo líquido tem uma temperatura limite, então nesse caso quando o líquido chegar a essa temperatura ele permanecerá constante se o fogo continuar aceso.	P	C	C	1	B	A temperatura aumenta até um determinado momento (como na H ₂ O que tem ponto de ebulição 100°C) e depois permanece constante, até a chama do fogo apagar.	P	Um tempo após o derretimento do gelo, a água ali presente terá a temperatura ambiente. Porque a água tende a entrar em equilíbrio térmico com o ambiente, portanto há trocas de calor, até que a água tenha a mesma temperatura do ambiente.	E
11	B	Não sei explicar.	B	C	C	2	B	Pois após chegar no seu ponto de ebulição o líquido começará a evaporar.	P	Entre 25°C e 0°C, porque a temperatura do gelo só irá mudar após ele derreter por completo e a água está a temperatura ambiente, logo entrará em equilíbrio térmico com a temperatura final, estando entre 0°C (gelo) e 25°C (ambiente).	E
12	B	Comprovado no dia-a-dia, pelo aquecimento da água.	N	C	C	1	B	Pois após esse limite, ponto de fusão, o líquido começa a se transformar para um gás.	P	Entre 0°C e 4°C, pois a esta temperatura, ocorre o comportamento anômalo da água.	E
13	B	Ela aumentará até a temperatura do fogo considerando também a resistência do metal.	E	C	P	2	B	Depois que o líquido atinge a temperatura de ebulição, mantém temperatura constante até o fim da mudança de estado quando não será mais um líquido.	C	4°C	E
14	B	-	B	C	C	2	B	A temperatura só irá aumentar quando o líquido passar para outro estado físico.	E	Provavelmente a mesma temperatura do gelo, pois o equilíbrio térmico foi atingido, por isso o gelo não derrete mais.	P

Tabela A-III.8 – Dados da demonstração F

F - DILATAÇÃO TÉRMICA											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 6	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 6	A	Resposta à questão 9	A
1	B	Não sei.	B	C	C	4	B	Ao aquecer a tampa, iria diminuir a pressão que ela exerce sobre o vidro, fazendo com que possibilite a abertura do vidro.	P	O coeficiente de dilatação térmica é $C = m.c$, ou seja, poder medir a temperatura o calor específico do vidro deve ser maior e não sua capacidade térmica.	E
2	C	Pois assim eu teria mais atrito com a tampa.	E	C	C	1	B	Pois assim ela dilataria.	F	Usar um metal que tenha coeficiente de dilatação maior que o do vidro, assim poderíamos marcar a temperatura sem alterar a estrutura do termômetro.	P
3	C	Não sei.	B	C	C	2	B	Aqueceria a tampa metálica, porque o metal quando aquecido dilata.	P	Escolheria-se um material que tivesse coeficiente de dilatação térmica menor que o do mercúrio. Ou considerar a expansão sofrida pelo vidro na hora de medir a temperatura.	E
4	C	Pois quanto menor o atrito, fica mais fácil de você força para abrir.	E	C	C	1	B	Já que ao aquecermos um metal ele tende a se expandir.	P	O termômetro teria de ser feito de mercúrio, e o líquido do capilar de vidro.	P
5	C	Pois, como a tampa é rosqueada a alavanca não adiantaria de nada, e para alterar o volume da tampa teria que aquecer muito, o que poderia comprometer o alimento.	E	C	C	1	B	Aquecendo a tampa, o metal irá dilatar, logo ficará mais fácil abrir.	P	O termômetro não poderia ter sua estrutura feita de vidro. Pois o vidro iria dilatar muito, assim a dilatação aparente do mercúrio seria muito distinta da dilatação real.	P
6	B	Seria o modo mais rápido e prático de realizar esta tarefa.	N	C	C	3	B	Porque o calor dilataria a tampa, logo ficaria mais fácil abrir o vidro.	P	Aumentar a escala (o intervalo entre cada variação).	N
7	C	Faria pressão na tampa... não sei explicar porque.	E	C	C	2	C	Porque aquecer dilataria o metal, com isso ficaria mais difícil ainda de abrir. E usar uma alavanca pode danificar o pote.	E	Deveríamos diminuir a largura do tubo de vidro que o mercúrio se encontra ou então aumentar a quantidade de Hg.	N

8	B	Pela tampa ser de metal e este se aquece e dilatar mais rápido do que o vidro, a tampa sairá.	C	C	C	1	B	A rosca do tampo é metálica, e os metais têm a propriedade de dilatarem-se ao serem aquecidos mais rapidamente em relação ao vidro, possibilitando, na situação, a abertura do recipiente.	C	O vidro se dilataria mais rápido que o Hg. A quantidade de mercúrio posta no termômetro deve ser menor para que quando haja dilatação, a do Hg consiga compensar a dilatação do vidro. Ou, talvez, ao invés do termômetro ser de vidro, ele poderia ser de Hg sólido e a coluna do marcador poderia ser de vidro.	P
9	C	O pano iria reter o calor na tampa, logo a mesma iria sofrer dilatação.	E	C	P	4	C	O pano serviria como um isolante térmico. Desse modo, ele iria reter calor, fazendo com que a tampa sofresse dilatação.	E	O bulbo do termômetro teria que ser mais fino, porque quando recebesse calor o vidro iria dilatar até ficar do tamanho padrão, e o mercúrio dilataria normalmente.	N
10	B	Eu aqueceria, porque a tampa derreteria um pouco e assim sua massa aumentaria, facilitando na hora de abrir.	E	C	C	1	B	Porque ao aquecer eu estaria aumentando o tamanho da tampa fazendo assim com que eu tivesse mais facilidade de abrir o recipiente.	P	Iria ter de usar um composto com o coeficiente de dilatação térmica menor que o vidro. Se não o vidro dilataria havendo uma mudança no tamanho do vidro, fazendo com que o composto não dilataçe tanto em relação a dilatação do vidro.	E
11	C	Porque é o que eu normalmente faço.	N	C	P	1	B	Pois ao aquecer o tampo iria ficar dilatado possibilitando a abertura mais facilmente.	P	Aumentar a escala (o intervalo entre cada marcação)	N
12	B	Pois a tampa iria dilatar devido ao calor omitido.	F	C	C	1	B	Pois a tampa após certo tempo dilataria-se, assim seria mais fácil de abri-la depois.	P	O termômetro deveria ser construído com um material que dilata mais, internamente, ou seja, com um calor específico maior, envolto por um material com calor específico menor.	P
13	B	O metal dilataria.	F	C	P	2	B	O metal se dilataria empurrando o vidro.	P	Onde está o mercúrio no termômetro original, colocaria-se o vidro, e vice-versa.	P
14	B	-	B	C	P	1	B	Com o calor a tampa dilataria, assim ficando mais fácil de abrir o vidro.	P	Colocar um grande volume de mercúrio, para acompanhar a dilatação do vidro.	N

Tabela A-III.9 – Dados da demonstração G1

G1 - PROPAGAÇÃO DO CALOR: CONDUÇÃO											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 4	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 4	A	Resposta à questão 5	A
1	A	Porque a colher de madeira é a única em que a temperatura da panela não é transmitida.	F	P	P	2	A	Uma panela com doce, terá uma temperatura muito alta, e uma colher de metal ia receber toda essa temperatura da panela impossibilitando de mexer, e a de plástico irá derreter, porém a de madeira permanecerá a temperatura ambiente.	P	Porque o alumínio tem maior facilidade de receber calor, do que o cobre.	E
2	A	Pois a colher de madeira não derreterá e nem passará a energia da panela.	F	C	C	1	A	Pois a madeira transfere pouca energia, logo não esquentará tanto como as demais.	C	Pois esses metais são bons condutores de energia, logo agilizam o tempo de cozimento de alimentos.	F
3	A	-	B	C	P	3	A	Metal – absorve muita energia e queima a mão da pessoa / Plástico – devido ao material iria derreter	N	O alumínio e o cobre absorvem calor mais rapidamente. Eles são bons condutores de energia.	F
4	A	Pois é a única que não conduz calor e mesmo assim resiste a temperatura do fogão.	F	C	C	1	A	Pois a madeira é um mau condutor de calor, impedindo que queimemos a mão.	C	O alumínio, pois possui um elevado calor específico, facilitando a troca de calor. Logo, o aquecimento será mais rápido neste material.	E
5	A	A de metal irá ficar quente, podendo queimar a mão de quem está fazendo o doce. A de plástico pode derreter, por causa da alta temperatura.	N	C	C	1	A	Pois a madeira é um péssimo condutor de calor.	C	Pois tem mais facilidade de conduzir calor.	P
6	A	Porque a madeira conduz menos calor que os outros materiais.	C	C	C	4	A	Porque ela é uma pior condutora de calor, ou seja, não se deformará e nem transmitirá calor até a sua mão.	C	Cobre. Porque esse metal contém menor calor específico, ou seja, conduz e absorve calor com mais facilidade.	C
7	A	Porque esse tipo de material não conduz bem calor.	C	C	C	2	A	Porque não conduz calor, fazendo com que não queime a mão de quem está preparando o doce.	C	Devido o calor específico do material que a panela é formada o aquecimento pode-se dar mais rápido, assim cozinhando com mais rapidez o alimento.	C

8	A	Pois a panela será aquecida e a colher de madeira não transmitirá o calor a quem estiver cozinhando.	F	C	P	3	A	A colher escolhida deve ser de madeira porque dessa forma o calor da panela não passará à mão do cozinheiro, já que a madeira tem a propriedade de não conduzir o calor, pois é um isolante térmico.	C	Como os metais tem baixo calor específico, aquecem-se rapidamente. Uma panela de fundo de alumínio ou cobre, que são metais, irá se aquecer rapidamente, diminuindo o tempo de cozimento dos alimentos. Entretanto, o metal com menor calor específico deve ser escolhido para que os alimentos de aqueçam mais rápido.	C
9	A	Não é um bom condutor de calor e nem é afetada pelo mesmo.	C	C	P	2	A	A madeira é um péssimo condutor de calor. E o plástico sofre deformação.	C	Pois esses metais têm grande facilidade de conduzir energia térmica, muita facilidade de doar e receber.	F
10	A	Metal – Dependendo da temperatura ela solta resíduos metálicos / Plástico – Pode derreter dependendo da temperatura.	N	C	C	2	A	A de madeira, porque ela não receberá muito calor facilitando assim na hora de fazer o doce.	P	Porque a panela de alumínio ou cobre, tem uma grande facilidade de trocar calor com o alimento. Logo, isso facilitará no cozimento do alimento.	F
11	A	Porque a madeira não esquentará, assim não queimará a mão da pessoa.	F	C	C	2	A	Pois a madeira não conduzirá o calor da panela, e não queimará a mão da pessoa.	C	Depende do calor específico de cada material, se o calor específico do alumínio for maior que o do cobre, a dona de casa optaria pela compra de uma panela com fundo de cobre, para que esquite mais rápido, e vice-versa.	C
12	A	Pois a de metal conduzirá o “calor” da panela e a de plástico, não suportaria o calor conduzido.	N	C	P	1	A	Pois a madeira atua como isolante, assim não permitindo que o calor seja conduzido para ela.	C	Pois cada material, apresenta um calor específico diferente, ou seja, dependendo do material a ser utilizado na confecção da panela, este poderá ser aquecido mais rapidamente, conduzindo mais calor e desta forma sendo mais eficiente no preparo do alimento.	C
13	A	A madeira não conduz bem o calor. O metal esquentaria rápido e o plástico também.	F	C	P	2	A	A madeira conduz menos calor por vários motivos, um deles é que o espaço entre os tecidos e fibras é grande se comparado ao dos demais.	C	Cada metal possui um calor específico diferente, o que faz com que uns recebam mais calor e doem com mais facilidade que outros.	N
14	A	A madeira não concentra o calor, enquanto a colher de metal concentra e a de plástico poderá derreter.	E	C	C	1	A	A colher de metal concentra temperatura, logo queimaria a mão de quem usa e a colher de plástico pode derreter.	N	O material constituinte influencia no tempo que a panela absorve calor; a panela feita de cobre recebe uma quantidade de calor igual a de alumínio, só que em menor tempo.	C

Tabela A-III.10 – Dados da demonstração G2

G2 - PROPAGAÇÃO DO CALOR: CONVECÇÃO											
ALUNO	PRÉ-TESTE			FICHA			PÓS-TESTE			AVALIAÇÃO FINAL	
	R	Justificativa da questão 7	A	O	P	N	R	Justificativa da questão 7	A	Resposta à questão 10	A
1	A	Próximo ao teto, porque assim o ar pode se espalhar melhor no ambiente.	N	C	P	3	B	A melhor posição é próxima ao chão, para melhor poder fazer a circulação do ar e poder resfriar todo o ambiente.	E	Se colocarmos a grelha mais próxima do forno ele assará mais rápido, por fora, sendo capaz de queimar, sem dar tempo de assá-lo por dentro.	N
2	A	Pois os gases mais frios tendem à descer.	F	C	P	1	A	Pois o ar frio tende à descer.	F	Que ela está certa, pois quanto mais perto da fonte do calor o tabuleiro está, mais calor ele terá, já que a energia vai se dissipando no ambiente.	E
3	A	Porque o calor sobe e o frio desce.	N	C	C	4	A	Porque o ar quente sobe e o ar frio desce.	F	Caso ele coloque o tabuleiro na parte inferior, receberá calor diretamente do fogo e aquecerá com mais intensidade.	E
4	A	Pois assim como o ar frio é mais denso ele desce e o ar quente sobe, resfriando o ambiente.	C	C	C	1	A	Já que o ar frio é mais denso, logo ele desce e o ar quente fica no teto.	C	Que, por o ar quente ser menos denso que o frio, a parte mais quente do forno é a de cima.	P
5	A	Pois o ar quente tem tendência a subir e o ar frio a descer.	F	P	C	1	A	O ar quente é mais leve que o ar frio, por isso sobe e o ar frio desce.	P	Estando muito próxima da chama o alimento queimaria	N
6	A	Pois o ar frio é mais denso, logo tende a descer, logo a sua posição deve ser próxima ao teto.	C	C	C	3	A	Porque o ar frio é mais denso, logo ele desce.	C	Que a sua opinião está correta, devido ao fenômeno da convecção térmica, segundo se observa que o aquecimento de realiza mais efetivamente na parte de baixo.	E
7	A	Próximo ao teto, pois as massas de ar quente são mais leves.	F	C	C	2	A	Devido o ar quente ser mais leve.	F	Que uma parte do bolo assaria mais rápido que a outra, por isso colocar a grelha para baixo não iria adiantar. O forno sendo um sistema fechado aquece por igual todas as partes do tabuleiro, exceto quando próximo demais da chama.	P
8	A	O ar frio é mais pesado, logo se ficar o ar instalado mais acima ele se expandirá e resfriará o ambiente.	P	C	P	2	A	O ar frio, diferentemente do ar quente, é mais "pesado". Logo, se instalado o mais alto possível terá maior possibilidade de espalhar-se pelo ambiente.	F	Na parte inferior, o contato com o fogo é maior, gerando mais agitação das moléculas do bolo. Possivelmente, o bolo cozinhará melhor.	E

9	A	Pois como o ar frio é mais denso ele fica próximo ao chão, logo ele ficando em cima ele iria resfriar tanto em cima quanto em baixo. Se ficasse em cima iria resfriar somente em baixo até porque não iria subir.	C	C	P	2	A	O ar frio é mais denso que o ar quente, logo permanece próximo ao chão. Se o ar ficasse próximo ao chão iria resfriar mais a parte de baixo e não a sala toda, pois o ar frio ia permanecer no chão.	C	Não iria fazer diferença, pois tudo que estivesse dentro do forno iria está na mesma temperatura.	E
10	A	Porque assim a massa de ar frio irá ficar na parte de baixo, fazendo com que a massa de ar quente se localize na parte de baixo.	F	C	C	1	A	Porque assim a massa de ar quente ficará na parte de cima da sala e a massa de ar frio se depositará na parte de baixo.	F	O bolo iria ficar por fora com coloração bronzeada, porém a parte de dentro ficaria crua. Porque a temperatura seria muito alta, logo iria interferir no cozimento do bolo. O fogo cozinhará de fora para dentro.	N
11	A	Porque o ar frio é relativamente mais pesado que o ar quente, então se colocarmos no baixo, o ar frio não conseguirá gelar a parte de cima, pois ele é mais pesado.	P	C	P	2	A	Pois o ar frio é relativamente mais pesado que o ar quente, então se ele for colocado perto do chão não conseguirá subir e gelar a parte de cima da sala.	P	Que quanto mais perto estivesse da chama do forno, o bolo iria tostar mais rápido, porém por dentro ele ainda não estaria bom, pois foi aquecido rápido demais.	P
12	A	Pois o "ar frio" (não presença de calor), é mais denso, logo ele recairia pela sala em direção ao solo, refrescando, em contra partida o ar quente ficaria em cima.	P	C	C	1	A	Pois a massa de ar "fria" (ausência de calor) por ser mais densa que a massa de ar quente (presença de calor), assim, a mais densa recairia sobre a massa de ar quente (no chão), assim refrescando a sala.	C	Que seria melhor colocar a grelha na parte superior, já que o ar quente liberado pelo forno, acumularia-se em cima, enquanto o mais frio acumularia-se na parte inferior, até que as trocas de calor, fizessem com que o calor fosse distribuído igualmente em todas as partes do forno.	C
13	A	O ar frio é mais "pesado" e se distribuirá.	P	C	C	3	A	O ar, quanto mais frio, mais tende a descer, distribuindo-se assim, melhor pela sala.	P	Quanto mais quente o ar, mais ele sobe, portanto o forno estaria mais quente na parte superior.	C
14	A	O ar frio desce, assim se espalharia uniformemente pelo cômodo.	F	C	P	1	A	O ar frio desce, assim iria se espalhar pelo cômodo.	F	Não heveria diferença, pois o calor iria se propagar por todo o forno.	E

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

DISSERTAÇÃO

**DO DESENVOLVIMENTO À APLICAÇÃO DE UM VÍDEO
DIDÁTICO DE FÍSICA TÉRMICA PARA O ENSINO MÉDIO**

MARCUS VINICIUS PEREIRA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Data da defesa: 29/11/2007

Aprovação:



Tereza Fachada Levy Cardoso, D. H.



Susana Lehrer de Souza Barros, M. Sc.



Sergio Eduardo Silva Duarte, D. Sc.



Maria Antonieta Teixeira de Almeida, D. Sc.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)