



MARLOS MACHADO

**ELABORAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE
UMA UNIDADE DIDÁTICA SOBRE OS
CONCEITOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR E
RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO**

LAVRAS – MG

2017

MARLOS MACHADO

**ELABORAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE
DIDÁTICA SOBRE OS CONCEITOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR E
RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física, área de concentração em Física, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Iraziet da Cunha Charret

Orientadora

Prof. Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva

Coorientador

LAVRAS – MG

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Machado, Marlos.

Elaboração e Desenvolvimento de uma Unidade Didática sobre
os Conceitos de Transmissão de Calor e Radiação do Corpo Negro
/ Marlos Machado. - 2016.

234 p.

Orientadora: Iraziet da Cunha Charret.

Coorientador: Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Bibliografia.

1. Unidade didática. 2. Ensino de Física. 3. Física Moderna. I.
Charret, Iraziet da Cunha. II. da Silva, Antonio dos Anjos Pinheiro.
III. Título

MARLOS MACHADO

**ELABORAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE
DIDÁTICA SOBRE OS CONCEITOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR E
RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO**

***DESIGN AND DEVELOPMENT OF A DIDACTIC UNIT ABOUT THE
CONCEPTS OF HEAT TRANSMISSION AND BLACK BODY RADIATION***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física, área de concentração em Física, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em ____ de _____ de 2016.

Prof. _____

Profa. Dra. Iraziet da Cunha Charret
Orientadora

Prof. Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Coorientador

LAVRAS – MG

2017

*A minha esposa Michelle pelo apoio incondicional;
À minha querida mãe, pela difícil luta em educar nas condições mais adversas.
Aos meus filhos que sempre são inspiradores.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Para se desenvolver um projeto com prazo mínimo de dois anos é necessário decisão e coragem para vencer obstáculos, e como eles apareceram. Nesse contexto é importante o apoio de pessoas que acreditam em nossos ideais, assim agradeço com carinho aqueles que foram fundamentais em todo o processo.

Iraziet, minha orientadora que inspira e faz as coisas acontecerem, você foi imprescindível em todo o trabalho, serei sempre grato.

Michelle (minha esposa) por estar presente em todas as ações da minha vida, você me faz muito bem.

Manoel (meu irmão) pela montagem dos experimentos com criatividade e boa vontade, você foi fundamental.

Dona Maria (minha mãe), pela inspiração que sempre me proporcionou por ter lutado tanto pelo bem estar dos filhos.

Jaqueline (minha irmã), seu cuidado com nossa mãe permite que minha caminhada seja tranquila.

Marlos e Gabriel (meus filhos) que me motivam por serem tão responsáveis.

Samuel Oliveira, ex-aluno e hoje professor de Física, pela paciência e disposição em auxiliar na parte tecnológica.

Laila Zorkot, pelo incentivo, motivação e organização dos horários para que as atividades fossem desenvolvidas.

Ivaldo pela paz de espírito e as infinitas caronas, foi um prazer te conhecer amigo.

Aos meus colegas de mestrado que mostraram o que é amor pela profissão, o que é comprometimento, o que é ter disponibilidade para ajudar sempre que solicitados, foi ótimo conhecer vocês.

Aos professores do mestrado pela dedicação e amor à profissão, vocês acrescentaram muito na minha formação e mudaram bastante o meu modo de ver as coisas.

Aos meus queridos alunos do segundo ano do Ensino Médio, vocês foram incríveis,

Agradeço também a duas instituições: Ao UNIFOR-MG, que financiou meu mestrado e sempre colaborou com a disponibilidade de horários e ao Colégio Cidade de Formiga, pelo espaço físico cedido, bem como materiais para o desenvolvimento das atividades.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Desenvolveu-se uma unidade didática propondo uma abordagem do tema radiação do corpo negro, iniciando-se assim, os estudos sobre Física Moderna. Essa unidade didática aborda o assunto se instanciando em temas de Física Clássica, utilizando e discutindo várias metodologias de ensino, tais como experimentos, textos de divulgação científica, trabalhos em grupos, entre outras e quer responder a questão: Considerando as relações entre os conteúdos, o cotidiano e a forma de se fazer ciência, essas abordagens metodológicas contribuem de maneira significativa para o debate e a construção das ideias relativas aos conceitos relacionados aos paradigmas entre Física Clássica e Física Moderna? Utilizou-se como aporte teórico para todas as atividades a teoria de aprendizagem Histórico-Cultural de Vygotsky e a Teoria do Ensino Desenvolvimental de Davydov. A forma como se escolheu abordar o problema foi no sentido de se promover situações que vão além da memorização do conteúdo exigido nos exames de admissão das universidades brasileiras, tirando os estudantes da passividade, para uma situação de protagonismo diante das atividades desenvolvidas. Promoveram-se atividades que apresentassem os processos de investigação e os procedimentos utilizados pelos cientistas de cada época, para que os estudantes pudessem se apropriar dos processos utilizados por eles ao elaborarem as diversas teorias físicas, a fim de perceberem também como ocorre o desenvolvimento da ciência, dentro de um contexto social, cultural e econômico. As atividades foram desenvolvidas num conjunto de dez aulas de cinquenta minutos, com estudantes do segundo ano do Ensino Médio. Para que os professores percebam como cada atividade foi respondida pelos estudantes fez-se uma análise de todas as respostas produzidas inspirada nas técnicas de Análise de Conteúdo de Bardin. Essas análises apontam caminhos para que os professores que forem utilizar esse material possam produzir melhoramentos nas atividades. O produto educacional está disponível, no link <http://lite.dex.ufla.br/moodle/dat/view.php?d=56&rid=194>, aos professores que por ventura quiserem utilizá-lo ou conhecê-lo.

Palavras-chave: Unidade Didática. Ensino de Física. Física Clássica. Física Moderna. Teoria de Aprendizagem Histórico-Cultural. Ensino Desenvolvimental.

ABSTRACT

We developed a didactic unit proposing an approach to blackbody radiation to start studying Modern Physics. The didactic unit addresses the problem within classical physics themes, using and discussing several teaching methods, such as experiments, popular science texts and teamwork. We seek to answer the following question: considering the relation between content, common knowledge and science development, do these methodological approaches contribute significantly to the debate and construction of ideas related to paradigms between Classical Physics and Modern Physics? We used the Theory of Historical-Cultural learning from Vygotsky and the Theory of Development Education from Davydov as theoretical framework for all activities. We answer such question by promoting situations that go beyond content memorization required for Brazilian universities' admission exams. We take students out of passive roles, making them protagonists of the developed activities. We promote activities to present the research processes and procedures used by scientists at the time, in order for the student to understand the scientists' processes when designing the various physical theories. We expect the students to perceive science development within a social, cultural and economic context. We developed the activities during ten classes of fifty minutes with second year high school students. We used Bardin Content Analysis techniques to analyze the responses to allow teachers to understand how the students answered each activity. These analyses suggest different ways teachers can use this material to improve their activities. The educational product is available in the following link <http://lite.dex.ufla.br/moodle/dat/view.php?d=56&rid=194> to teachers interested in using it or getting to know it.

Keywords: Didactic Unit. Physics Teaching. Classical Physics. Modern Physics. Theory of Historical-Cultural Learning. Developmental Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arranjo experimental utilizado para discussão do processo de propagação de calor por condução	68
Figura 2 - Arranjo experimental utilizado para discussão do processo de propagação de calor por convecção nos líquidos.	76
Figura 3 - Desenho representando o modelo proposto pelo grupo G3.....	81
Figura 4 - Arranjo experimental utilizado para discussão do processo de propagação de calor por convecção de gases.	83
Figura 5 - Arranjo experimental utilizado para discussão do processo de propagação de calor por radiação	89
Figura 6 - Professor realizando uma experiência em uma aula de Física.	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do teste de múltipla escolha, realizado na aula 1.....	60
Tabela 2 - Categorias construídas após a análise das respostas dadas pelos estudantes às questões discursivas trabalhadas na aula 1, referentes aos conceitos de calor e temperatura.	61
Tabela 3 - Categorias construídas a partir da análise das respostas dos grupos as questões associadas com o primeiro experimento.....	74
Tabela 4 - Categorias construídas a partir da análise das respostas dos grupos as questões associadas com o segundo experimento.	81
Tabela 5 - Categorias construídas a partir da análise das respostas dos grupos as questões associadas com o terceiro experimento.	87
Tabela 6 - Categorias construídas a partir da análise das respostas dos grupos as questões associadas com o quarto experimento.	92
Tabela 7 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 01, primeira parte, individual.	98
Tabela 8 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 02, primeira parte, individual.	102
Tabela 9 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 03, primeira parte, individual.	107
Tabela 10 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 04, primeira parte , individual.....	110
Tabela 11 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 05, primeira parte, individual.	114
Tabela 12 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 06, primeira parte , individual.....	117
Tabela 13 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 07, primeira parte, individual.	121

Tabela 14 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 01, segunda parte, individual.....	125
Tabela 15 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise das respostas à questão 02, segunda parte, individual.....	129
Tabela 16 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 05, segunda parte, individual.....	134
Tabela 17 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 06, segunda parte, individual.....	137
Tabela 18 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 07, segunda parte, individual.....	141
Tabela 19 - Categorias construídas a partir das respostas individuais dos estudantes para a (Q1).....	165
Tabela 20 - Respostas individuais dos estudantes para a (Q3 e Q4).....	172

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	QUESTÃO ORIENTADORA	19
2.1	Objetivo geral	19
2.2	Objetivos específicos	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	A física moderna no ensino médio	21
3.2	O estudo da física térmica no ensino médio	27
3.3	A teoria construtivista de aprendizagem	30
3.4	Metodologia utilizada para a construção da unidade didática	33
3.4.1	Estratégias didáticas	35
3.4.1.1	Experimentos didáticos	35
3.4.1.2	Textos de divulgação científica	40
4	METODOLOGIA	47
4.1	Metodologia de desenvolvimento da unidade didática	47
4.2	Metodologia de pesquisa	53
5	ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÕES	57
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	185
	REFERÊNCIAS	191
	APÊNDICE A - Texto utilizado na aula 1	195
	APÊNDICE B - TESTES E QUESTÕES SOBRE CALOR E TEMPERATURA	204
	APÊNDICE C - A Radiação do Corpo Negro	206
	ANEXO A - APRENDENDO SOBRE A GARRAFA TÉRMICA	212
	ANEXO B - MODELOS - (ELABORADO PELO GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA)	213
	ANEXO C - TEXTOS DE REFERÊNCIA PARA A APRESENTAÇÃO DAS AULAS 9 E 10	217

1 INTRODUÇÃO

A motivação principal para a realização deste trabalho vem da longa experiência adquirida em mais de 15 anos de atuação com o ensino médio, especificamente ensinando Física, majoritariamente em uma escola privada de Formiga (MG), que adota um sistema apostilado de ensino. Como ocorre na maioria das escolas privadas, o principal objetivo de ensino desta escola é fazer com que os estudantes alcancem aprovação nas instituições federais de ensino superior (IFES) que adotam, atualmente, a nota no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) como forma de seleção. A princípio, nenhum problema com isso. A escola tem altos índices de aprovação nessas seleções, mostrando que o objetivo principal por ela defendido está sendo alcançado. Deve-se ressaltar que este objetivo reflete os anseios da sociedade, que veem na entrada nas universidades o futuro dos seus filhos. Mas, porque isso gerou a motivação do trabalho?

Quando se trabalha com um sistema apostilado de ensino visando alcançar a meta de se obter uma boa nota no ENEM, de modo a alcançar uma vaga no ensino superior, corre-se o risco de perder de vista o principal objetivo do processo de ensino-aprendizagem, qual seja, formar cidadãos críticos capazes de interpretar o mundo em que vivem usando os conhecimentos adquiridos e desenvolvidos durante o seu período de formação escolar.

E, nesse sentido, a forma como a Física é apresentada nestes materiais, as apostilas, faz pensar que a ciência está pronta, ou melhor, que já nasceu pronta. Todo o processo de construção dos conhecimentos científicos fica esquecido, a discussão sobre as influências que a ciência e os cientistas recebem da sociedade em que vivem não aparece para os estudantes. O conhecimento é apresentado de uma forma fragmentada, sem evidenciar o todo, as conexões. Isto gera um contexto escolar que não favorece a formação de um estudante crítico,

que compreenda a sociedade em que vive e como a ciência influencia esta sociedade.

Apesar de oficialmente existirem algumas tentativas de se corrigir estas dificuldades, tais como os documentos oficiais que regulamentam o ensino no país, para os sistemas privados de ensino estas tentativas ficam muito aquém do que se poderia supor. Ainda temos, em sua grande maioria, escolas que desenvolvem um ensino conteudista, com os estudantes encarados como receptáculos nos quais se deposita todo o conteúdo necessário para que ele alcance as melhores notas no ENEM.

A experiência adquirida ao longo de todos esses anos de profissão tem mostrado que, apesar de serem considerados bons estudantes, a maioria deles não consegue articular estes conhecimentos adquiridos ao longo da vida escolar com as discussões pertinentes à sua época e ao seu lugar, não desenvolvem a capacidade crítica, argumentativa. Não dão sentido à ciência aprendida na escola.

Com isso em mente, desenvolveu-se uma proposta de trabalho com objetivo de apresentar aos estudantes como ocorre o processo de desenvolvimento da ciência, como é importante o contexto social, cultural e econômico em que as ideias surgem. Essa forma de abordagem contribui para acabar com a falsa ideia de que a Física é uma disciplina que está completamente desenvolvida e que foi produto de mentes brilhantes que a desenvolveram apenas por uma curiosidade pessoal, e não como um processo histórico construído com a participação de vários atores.

O desenvolvimento desse projeto pretendeu ser um pequeno exemplo de como sair desse cenário atual, consolidando-se assim o que propõe os PCN+: “Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.59).

Apesar das considerações dos documentos oficiais, a rede privada de ensino continua dando destaque ao saber científico através da resolução de problemas e uso da linguagem matemática, deixando às vezes de lado outras formas de expressão do saber da Física, como escrita, apresentações de trabalhos, vídeos, discussões de textos veiculados por jornais e revistas, etc.

Com o objetivo de propor novos métodos de ensino que promovam o desenvolvimento das habilidades discutidas até aqui, nos propusemos estabelecer uma discussão a respeito da Física Moderna, através de atividades que nos permitem mostrar os limites de validade da Física Clássica. Essa abordagem teve como base o estudo da radiação de corpo negro, a partir das discussões sobre os processos de transmissão de calor, e este foi o tópico utilizado para o desenvolvimento do material didático que desenvolvemos. É importante salientar que a abordagem aqui discutida pode, potencialmente, ser aplicada a outras áreas da Física, como Mecânica, Ondulatória, Eletromagnetismo entre outras. Não temos o objetivo de esgotar o assunto sobre a mudança de paradigma entre Física Clássica e Física Moderna, mas sim iniciar uma discussão para que o estudante comece a conhecer a nova Física.

Este trabalho foi desenvolvido em 10 aulas de 50 minutos, com uma turma de segundo ano do Ensino Médio, na cidade de Formiga-MG, composta por 24 estudantes, sendo que 19 deles contribuíram com o desenvolvimento das atividades de forma espontânea no contraturno escolar.

Todas as atividades foram pensadas tendo a teoria histórico cultural de Vygotsky e a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov como orientadoras do processo, onde se acredita que o desenvolvimento mental dos estudantes ocorra através do ensino e da educação.

Para desenvolver este trabalho foram utilizadas estratégias tais como trabalhos em grupos, materiais de divulgação científica e experimentos. Como os trabalhos foram desenvolvidos em grupos, os estudantes ficaram à vontade

para trocar informações de modo que a construção do conhecimento ocorresse de forma socializada. Os materiais de divulgação científica trazidos para o ambiente escolar mostraram que esses materiais podem veicular notícias científicas através de vários meios de comunicação tais como vídeos, programas de televisão, sites da internet, jornais, tendo também a capacidade de despertar nos estudantes o gosto pela leitura. Nas atividades experimentais desenvolvidas os estudantes puderam participar do processo de construção do conhecimento, questionando e formulando explicações, sem ter que aceitar a ciência como inquestionável.

Duas atividades foram desenvolvidas individualmente, nas quais os estudantes responderam a questionários a fim de se identificar quais conhecimentos eles traziam do seu cotidiano. As outras atividades foram desenvolvidas em grupos de quatro integrantes, escolhidos pelos próprios alunos e que se mantiveram sem alterações até o final das dez aulas.

No decorrer das atividades, foi construída com os estudantes uma oportunidade para que percebessem o modo pelo qual a ciência é desenvolvida e como os cientistas buscam suas respostas, a fim de resolverem problemas, que podem ser de ordem prática ou teórica. Nesse contexto, ocorreu a problematização das formas pelas quais os conceitos são adquiridos, além de se mostrar a relevância desses conceitos para o desenvolvimento de novos conhecimentos.

Procurou-se não fragmentar a realidade para que o estudante entendesse como ocorre o desenvolvimento da ciência, de forma a criar vínculos entre os saberes escolares e do seu cotidiano, mostrando assim uma preocupação entre teoria e ação.

Para que formemos cidadãos críticos é necessário que a escola seja transformadora e se torne um local de efetiva formação, para que o estudante adquira autonomia e possa ser um agente importante na construção da sociedade.

Nos próximos capítulos serão apresentados, a questão orientadora e junto a ela o objetivo geral e os específicos, capítulo 2, visando responder a esta questão, que é o que se deseja obter com o desenvolvimento deste trabalho. Em seguida, no capítulo 3 apresenta-se a pesquisa bibliográfica realizada para a apropriação do que se tem desenvolvido nos últimos anos a respeito da inserção de Física Moderna em sala de aula, física térmica e teoria de aprendizagem construtivista. No capítulo 4 se discute a metodologia de desenvolvimento da unidade didática e a metodologia de pesquisa utilizada para analisar os resultados do trabalho, no capítulo 5 é feita a análise de dados e as discussões destes resultados, onde se discute se os objetivos foram ou não alcançados e finaliza-se no capítulo 6 com as considerações finais.

2 QUESTÃO ORIENTADORA

Neste trabalho desenvolveu-se uma unidade didática, fundamentada na teoria histórico-cultural, usando procedimentos metodológicos tais como trabalhos em grupos, uso de textos de divulgação científica e realização de experimentos com caráter investigativo, lidando-se com a Física no cotidiano, bem como abordando a forma em que ocorre o desenvolvimento da ciência, de modo que os estudantes fossem levados a perceber como os problemas surgem. Ao final esperava-se responder a seguinte questão: Considerando as relações entre os conteúdos, o cotidiano e a forma de se fazer ciência, essas abordagens metodológicas contribuem de maneira significativa para o debate e a construção das ideias relativas aos conceitos relacionados aos paradigmas entre Física Clássica e Física Moderna?

Visando responder a essa questão foram propostos os seguintes objetivos:

2.1 Objetivo geral

Investigar se um conjunto específico de procedimentos metodológicos contribui de maneira significativa para a inserção da discussão de temas de Física Moderna em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, bem como verificar se as discussões acerca da mudança dos paradigmas da Física Clássica para os paradigmas da Física Moderna estão presentes e são capazes de promover uma formação cidadã.

2.2 Objetivos específicos

Para se alcançar o objetivo geral, foram traçados alguns objetivos específicos que nortearam o desenvolvimento das atividades, os quais são:

- a) Produzir uma unidade didática utilizando atividades experimentais investigativas para desenvolver os conceitos fundamentais envolvidos nos processos de transmissão de calor;
- b) Identificar como os estudantes reagem à estratégia de se usar temas tradicionais de Física Clássica para se chegar à Física Moderna, enfatizando a ideia de uma ciência em construção permanente;
- c) Verificar como textos de divulgação científica podem contribuir para o desenvolvimento e discussão de tópicos de Física Moderna;
- d) Analisar como os estudantes relacionam as atividades experimentais às formulações teóricas dos processos de transmissão de calor e às situações cotidianas, como os fenômenos climáticos, contribuindo para sua formação cidadã e tomada de atitudes;
- e) Verificar se a nova abordagem didática utilizada é capaz de promover debates e participação efetiva dos estudantes na construção do conhecimento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados os pressupostos teóricos em que o trabalho está fundamentado, tendo como referência a teoria de aprendizagem histórico-cultural. Também será apresentada uma pequena revisão de literatura, mostrando algumas produções elaboradas nos últimos dezesseis anos na área de Ensino de Física que se ocupam da inserção de Física Moderna no Ensino Médio, onde serão analisadas as estratégias utilizadas por professores e pesquisadores nessa área do conhecimento, com um olhar especial para a Radiação do Corpo Negro. Também serão apresentados alguns artigos que tratam do ensino da Física Térmica, que é a parte da Física Clássica utilizada para a introdução dos conceitos de Física Moderna, além de se fazer uma pequena revisão sobre algumas estratégias didáticas no sentido de se conhecer alguns procedimentos metodológicos como, por exemplo, o uso de atividades experimentais e de textos de divulgação científica no ensino de Física.

3.1 A física moderna no ensino médio

Para início dos trabalhos e com o intuito de se conhecer o que vem sendo produzido a respeito da inserção de Física Moderna no Ensino Médio, utilizou-se como procedimento inicial a leitura de três artigos de revisão bibliográfica sobre os temas. Essa revisão inicial levou à leitura de outros artigos, que serão discutidos abaixo.

Primeiramente, trabalhou-se com o artigo de revisão bibliográfica de Ostermann e Moreira (2000). Nessa revisão os autores realizaram buscas na literatura sobre Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, através de consultas a revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e internet.

Nesse artigo os autores apresentam várias justificativas para a inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, das quais se destacam como de interesse para o presente trabalho: estabelecer um contato

com o mundo da pesquisa atual em Física, para que o estudante conheça a Física desenvolvida após o ano de 1900; conectar o estudante com sua própria história; despertar o interesse pela ciência; perceber a Física como um empreendimento humano; mostrar que a ciência não se desenvolve de maneira linear e despertar a curiosidade dos estudantes.

Outro ponto de interesse a destacar nessa revisão são os tipos de abordagens usadas:

A grosso modo, têm sido consideradas três vertentes representativas de abordagens metodológicas para a introdução de FMC no ensino médio: exploração dos limites dos modelos clássicos; não utilização de referências aos modelos clássicos; escolha de tópicos essenciais (e.g., Alvetti e Delizoicov, 1998; Terrazzan, 1994; Pereira, 1997; Camargo, 1996; Paulo, 1997 *apud* OSTERMANN E MOREIRA, 2000, p.27).

Entende-se que não se deve deixar a criatividade do professor pesquisador restritas pelas metodologias acima mencionadas, mas o presente trabalho terá sua sustentação na Física Clássica.

Entre as propostas metodológicas destacadas no artigo de Ostermann e Moreira (2000), encontram-se em consonância com esse trabalho as abordagens que utilizam história da ciência, textos de divulgação científica e experimentos. Sendo assim, iniciou-se uma pesquisa para uma melhor apropriação dessas abordagens, que serão descritas mais adiante.

Outro artigo de revisão bibliográfica utilizado foi o de Ostermann e Pereira (2009). Nessa outra revisão, englobando todos os níveis de ensino (médio e superior) de Física Moderna e Contemporânea, os autores consultaram artigos em revistas da área de ensino de ciências do Brasil e do exterior, publicados no período de 2001 a 2006. O interesse desse trabalho está relacionado aos relatos sobre as propostas didáticas testadas em sala de aula entre 2001 e 2006, que descrevem as novas estratégias para inserção dos temas de Física Moderna, especificamente no Ensino Médio. “Tais estratégias

envolvem mudança de enfoque, uso de tecnologias da informação e comunicação, inovações didáticas, entre outros.” (OSTERMANN E PEREIRA, 2009).

A partir desses artigos percebeu-se que algumas referências assumem relevância para o trabalho que se desejava desenvolver, tornando-se necessária uma leitura na íntegra de alguns artigos mencionados nas revisões bibliográficas supracitadas e que serão descritos a seguir.

Foi possível perceber que alguns professores pesquisadores já se preocupavam com a inserção de temas relacionados à Física Moderna, antes mesmo da criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM), como no trabalho de Terrazzan (1992):

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau. (TERRAZZAN, 1992, p. 209).

Pinto e Zanetic (1999) apresentam um trabalho que foi desenvolvido junto a estudantes da rede pública, como investigação da possibilidade de inserção de tópicos de Física Quântica para estudantes do Ensino Médio, em um curso desenvolvido em 12 aulas. O referencial filosófico do trabalho foi a noção de Perfil Epistemológico apresentada por Gaston Bachelard e as estratégias de ensino passam por, atividades experimentais, atividades lúdicas e descrição histórica da luz, apresentando a Física como cultura.

Durante o curso, os estudantes deveriam elaborar trabalhos para divulgar a Física Quântica para a comunidade, no modelo de uma feira de ciências. Segundo os autores, durante a construção dos trabalhos, dúvidas surgiam e oportunizavam aprendizagens. Os trabalhos desenvolvidos pelos estudantes foram relacionados a várias áreas da cultura como:

Músicas, histórias em quadrinhos, poesias, seminários, maquetes, bordados, painéis e cartazes, explicando, segundo as diferentes interpretações dos alunos, a sua compreensão sobre a natureza da luz. Era a oportunidade de combinar a aprendizagem cultural de um tema de Física com as diferenças individuais presentes na classe. (PINTO & ZANETIC, 1999, p. 18).

Ao final, os autores chegaram a uma importante conclusão: é possível levar Física Quântica para esse nível de ensino além de mostrarem também a importância de se apresentar Física Quântica para esses estudantes.

Valadares e Moreira (2004) escreveram um texto mostrando que a tecnologia atual está presente na vida dos estudantes e que é possível aproveitar essa oportunidade para estabelecer a conexão entre a sala de aula e o cotidiano dos estudantes, apresentando vários exemplos de aplicação. Os temas desenvolvidos foram efeito fotoelétrico; laser e suas aplicações – fibras ópticas, leitura de códigos de barras. Na busca de subsídios para a construção do presente trabalho, encontramos nesse artigo o tema radiação do corpo negro, onde os autores definem como ocorre esse fenômeno e depois desenvolvem uma experiência com aquecedor solar, destacando a absorção e emissão de radiação.

Nesse mesmo artigo (VALADARES & MOREIRA, 2004) os autores não apresentam análises de resultados, pois o texto foi direcionado aos professores na forma de sugestões, e não como uma atividade desenvolvida em sala de aula.

Cavalcante e Haag (2005) apresentam no seu artigo um modo para se calcular a constante de Planck usando diodos de emissão de luz como sensores. Os autores tinham como objetivo contribuir na área de instrumentação para o Ensino de Física. Também fizeram uma abordagem experimental de baixo custo, para o estudo da distribuição espectral de um filamento de tungstênio aquecido que se assemelha as características de um corpo negro. Segundo os autores: “A grande contribuição deste trabalho reside na forma através da qual selecionamos e detectamos a radiação, proveniente deste filamento” (CAVALCANTE &

HAAG, 2005, p. 347). Esse trabalho é voltado para estudantes da graduação e foi desenvolvido na disciplina de Estrutura da Matéria e, segundo os autores, o experimento foi bem recebido pelos alunos e ajudou na compreensão da teoria da distribuição espectral de um corpo negro.

Outro artigo de revisão bibliográfica usado como referência foi o de Loch e Garcia (2009), que trata das pesquisas relacionadas às produções voltadas às inserções de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula do Ensino Médio, a partir do ano 2002, com o objetivo de apresentarem uma revisão de literatura tendo como foco prioritário identificar propostas de ensino que apresentassem o encaminhamento e a maneira como os conteúdos de FMC foram explorados em sala de aula do Ensino Médio, bem como os resultados obtidos (LOCH & GARCIA, 2009).

Nesse trabalho as pesquisas foram realizadas através de palavras-chave e “dos trabalhos encontrados foi tomado como base o resumo, com vistas à segunda etapa da investigação, que consistiu na análise daqueles que relatavam propostas de ensino efetivadas em sala de aula.” (LOCH & GARCIA, 2009, p.7).

Depois de observadas as produções descritas no artigo, ficou-se atento ao que estava relacionado a este trabalho, para que fosse feita uma leitura mais refinada em alguns dos artigos apontados pelos autores, com a relevância voltada às considerações relacionadas à Mecânica Quântica. Um trabalho que é condizente com essas pretensões é o de Sonza (2007), que aborda conteúdos como: Radiação Solar; Radiação dos corpos; Efeito fotoelétrico; Dualidade Onda-Partícula. Esse trabalho foi realizado cumprindo-se as seguintes fases: em primeiro lugar os professores do Ensino Médio responderam a um questionário direcionado a questões de ensino/aprendizagem de Física Moderna. Com essas respostas em mãos, os pesquisadores fizeram uma análise dos livros didáticos mais utilizados por esses professores, bem como dos currículos básicos das

escolas onde eles lecionavam. Depois desses procedimentos produziram um módulo didático introduzindo tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio.

Os módulos didáticos foram desenvolvidos em cinco aulas, com alunos da segunda série do Ensino Médio, tendo um viés conceitual, trabalhado de forma teórica. Esses módulos continham atividades que buscavam favorecer a reflexão. A autora do projeto considera que: “Uma das grandes recompensas deste trabalho foi a mudança de atitude observada nos alunos a cada novidade que lhes era apresentada, seu interesse [...]” (SONZA, 2007, p. 64).

Na busca por esses artigos, deparou-se com outros, não citados nas revisões bibliográficas supracitadas, mas que têm relevância para as pretensões deste trabalho. Para isto foram utilizadas revistas de grande circulação na área de ensino de Física, tais como a Revista Brasileira do Ensino de Física e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Esta busca ocorreu através das palavras chaves, Física Moderna e Contemporânea, radiação do corpo negro, cobrindo as publicações do período de 2000 até 2016.

Dionísio (2005) faz uma discussão sobre o artigo “Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz”, que foi publicado por Einstein em 1905. O autor destaca a importância da obra de Einstein e comenta que sua fama vem principalmente de seus estudos sobre Relatividade, mas quer mostrar que a Física Quântica representa metade de sua obra e como tal merece ser estudada, de forma que se possa conhecer seu pensamento de maneira mais completa. Faz uma discussão sobre a explicação de Albert Einstein sobre a radiação do corpo negro de forma totalmente independente das explicações de Max Planck e descrevem diferenças marcantes entre as duas concepções e de como ele inseriu a ideia da quantização do campo eletromagnético. Ainda comenta que é através da Mecânica Quântica que se conhece a estrutura íntima da matéria, dando ao homem condições de desenvolver novas tecnologias. Não menciona resultados, pois não foi

desenvolvido em sala de aula, mas pode-se considerar como um artigo importante para reflexão dos professores que forem tratar desse tema.

Peralta e Rego (2016) apresentam uma discussão dos resultados obtidos através da realização de um experimento onde se utiliza uma lâmpada incandescente como corpo negro na demonstração da lei de Stefan-Boltzmann, explorando-se a utilização de fotodiodos de baixo custo como fotodetectores. Este é um trabalho voltado para estudantes de graduação, no qual se trabalha com os mais variados aspectos de uma medida experimental.

Na leitura das referências supracitadas, foi possível perceber a importância das pesquisas em Ensino de Física para a inserção no Ensino Médio dos temas associados à Física Moderna. Os trabalhos dos professores pesquisadores são importantes parâmetros para as novas pesquisas que vem sendo desenvolvidas e também para o uso em sala de aula.

3.2 O estudo da física térmica no ensino médio

O desenvolvimento deste trabalho está baseado em alguns tópicos de Física Térmica, tais como: temperatura, calor e processos de propagação de calor. Dessa forma, se fez necessária uma revisão bibliográfica sobre esses temas, para se conhecer como eles estão sendo desenvolvidos na área do Ensino de Física nos últimos dez anos.

Para se conhecer como os assuntos relacionados à Física Térmica têm sido desenvolvidos por professores e pesquisadores fez-se uma busca na internet por uma revisão bibliográfica sobre o assunto para servir como primeira referência. Como não se encontrou nenhum artigo de revisão sobre o tema, fez-se uma busca utilizando palavras chaves como, calor, temperatura, equilíbrio térmico, processos de propagação de calor em sites da internet, na Revista Brasileira de Ensino de Física e no Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Os artigos escolhidos voltados a essa temática serão discutidos a seguir.

Cindra e Teixeira (2005) propõem uma discussão conceitual sobre equilíbrio térmico, onde relatam de forma didática, a história do desenvolvimento da teoria do calor e da temperatura. Esse texto é relevante do ponto de vista de quem pretende iniciar uma pesquisa na área de termofísica, pois aponta como ocorreram as discussões entre os cientistas que desenvolveram essa ciência, bem como a forma como ocorreram as construções desses conceitos. No final desse artigo são propostas algumas questões conceituais que podem ser usadas para discussão em sala de aula.

Gonçalves, Veit e Silveira (2006), discutem sobre a introdução do estudo da Física Térmica no Ensino Médio. Esse trabalho foi desenvolvido para ser aplicado em uma sala de informática de forma a ocorrer a interação entre os estudantes e o conceito proposto pelos autores. Eles utilizaram um produto educacional que consiste em um CD-ROM com: material multimídia, um teste de escolha múltipla a respeito do material estudado, envolvendo principalmente, conceitos de calor, energia interna, temperatura, dilatação térmica, formas de propagação de calor e leis da termodinâmica e experimentos para demonstração em aula. Os autores concluíram que o material despertou o interesse e a compreensão dos estudantes e pode servir de auxílio em sala de aula, bem como fonte de consulta extraclasse. Serve também para aprofundamento do que se aprendeu em aula, tendo potencial para instigar o estudante a uma participação mais ativa.

Outro artigo de interesse é o de Gomes (2012), que dá subsídios para o presente trabalho. O autor faz uma análise histórica de como a teoria do calórico se desenvolveu, abordando seu poder explicativo e seu declínio. Mostra os erros conceituais que chegam aos estudantes através de livros didáticos de grande circulação nas escolas, bem como as concepções a respeito de calor e temperatura trazidas pelos estudantes. Esse trabalho não foi desenvolvido em sala de aula, mas tem grande relevância, principalmente ao mostrar que os

conceitos relacionados a calor e temperatura são complexos e que se deve ter cuidado com todos os temas.

Outra abordagem sobre Física Térmica aparece na dissertação de mestrado de Michelena (2008). Esse trabalho foi desenvolvido em seis módulos para turmas do segundo ano do Ensino Médio, fazendo uma abordagem da Física Térmica numa perspectiva histórica e experimental. Em cada módulo desenvolve-se a teoria e sugerem-se atividades experimentais com questões mais abertas de forma a promover interação entre os estudantes, sem fazer uso dos roteiros tradicionais. No final de cada módulo apresentam-se exercícios de vestibulares tradicionais, isto é, questões objetivas. Foram elaboradas duas provas com o mesmo formato dos testes. A autora do projeto avalia que os objetivos do trabalho como: envolvimento nos processos de aprendizagem, formação de cidadãos críticos e apresentar a Física como uma construção humana passível de erros e tendo relação com a realidade política, econômica e social de uma época, foram alcançados.

Wesendonk e Prado (2015) deram indicações de como elaborar um experimento de cunho investigativo, através da proposição de situações problemas, capazes de fazer os estudantes pensarem, fugindo assim do modelo de laboratório tradicional de demonstração ou constatação de resultados, em um ambiente onde os estudantes possam dialogar e fazer perguntas livremente. A conclusão das autoras dessa pesquisa é que os estudantes mostraram interesse pelas atividades, mas as autoras também perceberam algumas limitações de compreensão no campo conceitual da Física, bem como dificuldades na elaboração de sínteses e construção de gráficos.

As leituras desses artigos foram importantes para se conhecer como os temas de Física Moderna e Física Térmica vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos por professores pesquisadores, que tentam novas metodologias na busca por melhorar aspectos do processo de ensino aprendizagem, se afastando do

enfoque tradicional da maioria dos livros textos e sistemas de ensino usados nas escolas do Brasil.

3.3 A teoria construtivista de aprendizagem

Na docência na área de Física é comum a presença de questionamentos entre professores a respeito de como fazer com que as aulas sejam mais eficientes, de modo que a aprendizagem se desenvolva e os estudantes se sintam interessados pelo estudo. As respostas a esses questionamentos devem passar pela compreensão da importância da didática, bem como das teorias de aprendizagem, que servem como orientações para a busca de novos caminhos. É importante também que ao iniciar um projeto educacional se tenha em mente o que diz Libâneo (2004) sobre a didática e o papel do professor:

[...] a didática precisa incorporar as investigações mais recentes sobre modos de aprender e ensinar e sobre o papel mediador do professor na preparação dos alunos para o pensar [...]. Nesse caso, a característica mais destacada do trabalho do professor é a mediação docente pela qual ele se põe entre o aluno e o conhecimento para possibilitar as condições e os meios de aprendizagem, ou seja, as mediações cognitivas (LIBÂNEO, 2004, p.5).

Por meio dos apontamentos de Libâneo (2004), percebe-se a importância conferida à figura do professor e aos processos de mediação possíveis entre ele e os estudantes e suas repercussões no desenvolvimento cognitivo.

Para o desenvolvimento deste trabalho, buscou-se um alicerce na teoria histórico-cultural desenvolvida por Vygotsky que nos ensina que para ocorrer aprendizagem significativa é necessário haver interação entre os atores participantes do processo, ou seja, estudantes, professor e o conhecimento pelas práticas realizadas em cada atividade.

A teoria histórico-cultural, formulada inicialmente por Lev Vygotsky, tem como ponto de partida a afirmação de que a educação e o ensino são formas universais e necessárias do desenvolvimento mental, em cujo processo estão vinculados

os fatores socioculturais e a atividade interna de aprendizagem das pessoas (LIBÂNEO, 2009, p.18).

A teoria histórico-cultural explica o desenvolvimento da mente tomando como base o materialismo dialético, e tem como expoente máximo seu fundador Lev Semenovitch Vygotsky. As concepções de teóricos da escola histórico-cultural, como Alexis Nikolaevich Leontiev e Vasily Vasilovich Davydov foram determinantes para o desenvolvimento deste projeto, pois consideram a escola como local de interações sociais.

Vygotsky considera que a apropriação da cultura se dá pela comunicação com outras pessoas. A educação e o ensino têm papel fundamental no desenvolvimento dos estudantes. Leontiev não considera a atividade docente como abstrata, pois o professor ao pensar uma atividade prática tem uma intenção. O professor também pode aprimorar seu trabalho ao longo de sua vida à medida que se apropria de novas práticas, desenvolvidas tanto por ele, quanto por outros professores. Já Davydov se preocupa com a organização dos currículos, pois estão no programa os conteúdos que serão trabalhados e que desenvolverão a forma de pensar do estudante. As atividades, quando bem elaboradas, impulsionam o desenvolvimento do estudante fazendo com que ele aprenda a pensar.

Davydov, na teoria do ensino desenvolvimental, ressalta que:

A essência do pensamento teórico consiste em que se trata de um procedimento especial com o qual o homem enfoca a compreensão das coisas e dos acontecimentos por meio da análise das condições de sua origem e desenvolvimento (DAVYDOV, 1988b, p. 6).

Seguindo as orientações de Davydov, percebe-se a importância que se deve dar ao desenvolvimento de processos lógicos de pensamento que levem à construção de conceitos, de modo a desenvolver o pensamento teórico.

Espera-se que o conjunto de atividades pensadas para cada aula, que foram desenvolvidas nesse trabalho, consigam fazer a conexão entre o essencial

e o geral dos objetos de aprendizagem, de modo a servirem como ponto de partida para se compreender conceitos teóricos. Deseja-se ainda que os estudantes consigam analisar e converter esses conhecimentos para resolver problemas do seu cotidiano. “Por meio das ações mentais que se formam no estudo dos conteúdos, a partir do conceito teórico geral desse conteúdo, os indivíduos vão desenvolvendo competências e habilidades de aprender por si mesmos, ou seja, a pensar.” (LIBÂNEO, 2009, p. 19).

No desenvolvimento das atividades, procurou-se mostrar os processos de investigação e os procedimentos utilizados pelos cientistas de cada época, para que os estudantes pudessem se apropriar dos processos utilizados por eles ao elaborarem as diversas teorias físicas, a fim de perceberem também como ocorre o desenvolvimento da ciência e, a partir daí, formarem conceitos referentes à ciência ensinada. “Em termos práticos, significa o professor fornecer ao aluno as condições para o domínio dos processos mentais para a interiorização dos conteúdos, formando em sua mente o pensamento teórico-científico.” (LIBÂNEO, 2009, p. 22).

Tendo como base a teoria histórico-cultural, desenvolveu-se esse trabalho, tendo em vista que, aspectos fundamentais da didática devem estar em primeiro plano na produção e elaboração de qualquer atividade escolar, que tenha como objetivo a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo de determinada área do conhecimento, como nos ressalta Libâneo (2012), quando diz:

A mediação didática supõe necessariamente os conteúdos e os métodos inerentes a esses conteúdos, que são a referência, o ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem. Não há didática fora dos conteúdos e dos métodos de investigação que lhes correspondem (não há conteúdos fora dos métodos que levaram à constituição de um tópico do conteúdo). Não há didática fora da relação do aluno com o conteúdo (fora da transformação das relações do aluno com o conteúdo). Não há didática separada das

práticas socioculturais e institucionais em que os alunos estão envolvidos. (LIBÂNEO, 2012, p. 10).

Assim, não se deve desprezar as experiências e conceitos cotidianos trazidos pelos estudantes, deve-se integrá-los aos conhecimentos científicos inerentes à Física de modo que os estudantes possam vivenciar o que está em estudo. Dessa forma os conhecimentos científicos podem ser tratados de acordo com a realidade do estudante e, a partir dessa realidade, é possível o desenvolvimento dos conceitos abstratos associados a um determinado conteúdo.

3.4 Metodologia utilizada para a construção da unidade didática

Fundamentados na teoria histórico-cultural de Vygotsky, construiu-se uma unidade didática que, de acordo com Zabala (1998) é: “Conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos.” (ZABALA, 1998, p.18).

Ao iniciar essa unidade didática, cada aula foi pensada seguindo as orientações de Davydov e seu ensino desenvolvimental, com fortes ligações ao pensamento de Vygotsky e descritas por Libâneo (2004).

Para se perceber a ideia de como as estratégias foram pensadas, segue-se um exemplo de procedimento perante a teoria desenvolvimental. Na primeira aula ocorreu a leitura de um texto de divulgação científica, onde se discutiam as ideias iniciais dos cientistas que pesquisavam essa área do conhecimento, como por exemplo, a teoria do calórico. Essa forma de abordagem vai ao encontro do que diz Libâneo (2004):

A referência básica do processo de ensino são os objetos científicos (os conteúdos), que precisam ser apropriados pelos alunos mediante a descoberta de um princípio interno do objeto e, daí, reconstruído sob forma de conceito teórico na atividade conjunta entre professor e alunos. A interação sujeito–objeto implica o uso de mediações simbólicas

(sistemas, esquemas, mapas, modelos, isto é, signos, em sentido amplo) encontradas na cultura e na ciência. A reconstrução e reestruturação do objeto de estudo constituem o processo de internalização, a partir do qual se reestrutura o próprio modo de pensar dos alunos, assegurando, com isso, seu desenvolvimento (LIBÂNEO, 2004, p.15).

Foram discutidas as ideias da construção dos conceitos de calor e temperatura a partir da promoção de discussões e debates a respeito do que estava sendo pensado na época, bem como, o que o próprio estudante trazia do seu cotidiano para enriquecer os debates. Acredita-se que com esse procedimento também se deve conseguir melhorar os conceitos que os estudantes trazem de experiências de vida.

Logo após as discussões foi realizado junto com os estudantes um experimento, durante o qual eles responderam a um questionário com questões investigativas. Este experimento foi realizado em grupos de quatro estudantes, com a intenção de atender ao que diz Libâneo (2004) quando, ao explicar a teoria de Davydov afirma:

Deve-se levar em consideração as origens sociais do processo de desenvolvimento, ou seja, o desenvolvimento individual depende do desenvolvimento do coletivo. A atividade cognitiva é inseparável do meio cultural, tendo lugar em um sistema interpessoal de forma que, através das interações com esse meio, os alunos aprendem os instrumentos cognitivos e comunicativos de sua cultura. Isto caracteriza o processo de internalização das funções mentais. (LIBÂNEO, 2004, p.15).

Da primeira até a décima aula esses pressupostos de Davydov foram respeitados, incluindo-se que: “A educação é componente da atividade humana orientada para o desenvolvimento do pensamento através da atividade de aprendizagem dos alunos (formação de conceitos teóricos, generalização, análise, síntese, raciocínio teórico, pensamento lógico).” (LIBÂNEO, 2004, p.15).

A construção da unidade didática foi pensada de tal modo que suas atividades deveriam promover a interação entre os estudantes e o professor, para que o conhecimento fosse alcançado de modo coletivo. Todos os participantes desse processo de aprendizagem podiam se comunicar livremente durante as atividades e para isso foram utilizadas as estratégias discutidas a seguir.

3.4.1 Estratégias didáticas

Considerou-se importante na construção da unidade didática também o que diz Carvalho e Perez (2001):

É preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos propostos (CARVALHO & PEREZ, 2001, p.114).

Nessa perspectiva, foram utilizadas como estratégias, o uso de experimentos associados com roteiros investigativos e a leitura e discussão de textos de divulgação científica.

3.4.1.1 Experimentos didáticos

Para o desenvolvimento da unidade didática foi utilizada como estratégia para as discussões acerca de calor, temperatura e dos processos de transmissão de calor, o uso de experimentos, com a intenção de permitir que o estudante estabelecesse conexões entre teoria e prática, tal como discutido por Zanon e Silva (2000).

As atividades práticas podem assumir uma importância fundamental na promoção de aprendizagens significativas em ciências e, por isso, consideramos importante valorizar propostas alternativas de ensino que demonstrem essa potencialidade da experimentação: a de ajudar os alunos a aprender através do estabelecimento de inter-relações entre os saberes teóricos e práticos inerentes aos processos do

conhecimento escolar em ciências (ZANON & SILVA, 2000, p.134).

Os experimentos foram realizados em grupos, de forma que os estudantes pudessem ser levados à reflexão. Esperava-se também que os experimentos contribuíssem para uma aprendizagem significativa dos conceitos, já que: “O experimento é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo [...]” (CARVALHO *et al.*, 1999, p.42). Durante o desenvolvimento dos experimentos, os estudantes responderam a roteiros semiestruturados de cunho investigativo, de forma que pudessem se sentir à vontade para perguntar, trocar informações e discutir suas ideias, tanto no seu grupo, quanto com outros grupos e com o professor.

A opção por esse tipo de atividade experimental ocorreu após a leitura de alguns artigos que serão tratados a seguir.

Primeiramente ocorreu a leitura de dois textos de revisão de literatura para se conhecer como as atividades experimentais vêm sendo desenvolvidas por professores e pesquisadores no ensino de Física.

O primeiro artigo lido foi o de Araújo e Abib (2003) que fizeram uma revisão da literatura sobre a utilização de experimentos na sala de aula do Ensino Médio, no período de 1992 a 2001. As fontes foram a Revista Brasileira de Ensino de Física (SBF) e o Caderno Catarinense de Ensino de Física (UFSC). O trabalho investigou as diferentes possibilidades e tendências das atividades experimentais de modo a auxiliar os professores do Ensino Médio. Os mais diversos aspectos metodológicos das atividades experimentais foram explicados e discutidos, e eles chegaram à conclusão que, qualquer que seja a modalidade adotada, as atividades experimentais tem relevância. Destacam como aspectos fundamentais dessa estratégia:

- a) Capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse,

favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem.

b) Tendência em propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência (ARAÚJO E ABIB, 2003, p. 190-191).

O segundo artigo de revisão de literatura foi o de Moreira e Penido (2009), direcionada às atividades experimentais em Física para o Ensino Médio. As autoras fizeram a busca em artigos e revistas, como: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Ciência & Educação, Revista Investigações em Ensino de Ciências e a Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), abrangendo os trabalhos publicados de 1979 até 2008. As autoras concluíram que a grande maioria dos trabalhos analisados é do tipo atividades prontas para que os estudantes repitam e sigam o passo a passo contido no roteiro. As outras atividades normalmente são do tipo comprovação da teoria ensinada em sala de aula. Elas concluíram também que experimentos com esse tipo de encaminhamento tem pouco valor educacional.

Após a leitura desses artigos foi possível perceber a importância de se fazer uma leitura mais aprofundada de outros artigos.

Alves Filho (2000), que foi citado no artigo de Moreira e Penido (2009), descreve as diferentes propostas de utilização do laboratório didático, mostrando como as atividades experimentais têm sido desenvolvidas na sala de aula e quais concepções têm os professores e pesquisadores que se utilizam dessa estratégia. Através do uso de conceitos de transposição didática e suas regras o autor analisa o laboratório didático e conclui:

- O laboratório didático para ser elemento do processo de ensino-aprendizagem de ciências, particularmente da Física, deve ser alvo de uma transposição didática diferente daquela

que o introduziu no processo de ensino com o objetivo de ensinar o método experimental;

- A concepção construtivista da produção de Ciência deve ser adotada pelos personagens que farão parte da esfera responsável pela nova transposição didática, onde as atividades experimentais teriam função mediadora no ensino dos conteúdos de Ciência e não do método experimental;
- A nova transposição didática que delineará as atividades experimentais associadas diretamente com o processo de ensino-aprendizagem poderá estabelecer regras específicas para o laboratório didático.

Se aceitos os indicadores, devemos buscar uma função real para o laboratório didático e para suas atividades experimentais no processo de ensino-aprendizagem e não mais deixá-lo como apêndice do processo como atualmente. (ALVES FILHO, 2000, p.181).

Durante a pesquisa na internet usou-se como palavra-chave “atividades experimentais”. Assim, outros artigos foram lidos, além daqueles citados nas referências bibliográficas supracitadas.

Oliveira (2010) aborda as atividades experimentais de forma a mostrar suas potencialidades às práticas docentes. Esse artigo relata a preocupação dos pesquisadores em entender o papel das atividades experimentais em sala de aula. Ela também discute sobre os principais tipos de abordagens das atividades experimentais que são: demonstração, verificação e investigação.

Aponta e discute as possíveis contribuições que as atividades experimentais podem propiciar que são: a) motivar e despertar a atenção dos alunos; b) desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo; c) desenvolver a iniciativa pessoal e a tomada de decisão; d) estimular a criatividade; e) aprimorar a capacidade de observação e registro de informações; f) aprender a analisar dados e propor hipóteses para os fenômenos; g) aprender conceitos científicos; h) detectar e corrigir erros conceituais dos alunos; i) compreender a natureza da ciência e o papel do cientista em uma investigação; j) compreender

as relações entre ciência, tecnologia e sociedade; k) aprimorar habilidades manipulativas.

O autor ainda informa aos professores que desejam utilizar-se de atividades experimentais em sua prática pedagógica, sobre a diversidade de oportunidades de ações que podem ser tomadas, de acordo com os objetivos que se deseja alcançar.

Higa e Oliveira (2012) investigaram a fundamentação teórica que embasa as atividades experimentais escolares, utilizando para essa pesquisa os artigos publicados no Caderno Brasileiro de Ensino de Física no período de dez anos (2002-2011).

O objetivo é analisar os aspectos epistemológico-pedagógicos adotados pelas pesquisas recentes sobre experimentação no ensino de Física, [...], que trouxessem uma proposta de atividade prática, inserida no contexto de uma pesquisa, trazendo reflexões sobre o desenvolvimento da atividade proposta numa situação de ensino (HIGA E OLIVEIRA, 2012, p. 81).

As autoras concluíram através desse estudo que atualmente a ênfase se encontra em propostas de atividades experimentais investigativas.

De acordo com o que vem sendo discutido por pesquisadores e professores da área de ciências sobre a importância das atividades experimentais, foi possível perceber que um dos fatores relevantes dessas discussões é o entendimento das potencialidades dessa estratégia, e também como se deve pensar o encaminhamento dessa prática para atender aos objetivos pretendidos. São inúmeras as situações e oportunidades para atingir os objetivos, e essas leituras abrem caminhos para reflexões e mudanças de postura na prática pedagógica.

Outro ponto em destaque nos estudos mencionados é com relação ao aporte teórico. Lembrando que o presente trabalho apoia-se na teoria de aprendizagem histórico-cultural de Vygotsky incorporando um estudo mais

recente das contribuições de seu seguidor Davydov. Uma teoria de aprendizagem voltada para a socialização dos estudantes, trocas de experiências, discussões, trabalhos em grupos, valorização das experiências e dos conhecimentos trazidos pelos estudantes de suas vidas, mediados pelo professor, devem contribuir sobremaneira para a construção do conhecimento.

Assim nos parece claro que os experimentos em grupos, com questionários de cunho investigativos, se tornam mais eficientes quando respaldados por teorias que valorizam o conhecimento adquirido de maneira social, como a teoria Histórico-cultural e a do Ensino Desenvolvimental.

3.4.1.2 Textos de divulgação científica

Também foram utilizados na construção da unidade didática textos de divulgação científica, que são escritos para a população em geral, “não estritamente especializado naquele tópico específico daquela subárea de um determinado campo de investigação ou de uma disciplina” (ZAMBONI, 2001, p.96).

Para se inteirar das produções que fazem uso de textos de divulgação científica se faz necessário um estudo mais detalhado sobre essa estratégia de ensino. Então, fez-se uma pesquisa para se conhecer as potencialidades desse tipo de abordagem.

Utilizou-se o mesmo critério adotado até então, onde se inicia a pesquisa com um artigo de revisão da literatura para se conhecer os trabalhos desenvolvidos por professores e pesquisadores utilizando textos de divulgação científica. A partir do artigo de revisão é feita a leitura na íntegra de outros textos, que podem ser os já discutidos na revisão supracitada e que são de interesse deste trabalho ou artigos que surgem durante a pesquisa.

Desta maneira iniciou-se a pesquisa com o artigo de Ferreira e Queiroz (2012) que apresentam uma revisão de literatura a respeito do uso de textos de

divulgação científica como recurso didático no ensino formal de ciências. Essa revisão foi extensa e foram utilizadas, como fonte de pesquisa, atas dos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e artigos completos publicados em periódicos.

As autoras dessa revisão começam o trabalho discorrendo sobre autores que tem trabalhos relacionados ao uso de textos de divulgação científica como complementos ao uso de materiais tradicionais, como o livro didático (SILVA; ALMEIDA, 2005; ABREU et al., 2007; QUEIROZ et al., 2012). As pesquisas nesse seguimento pensam essa estratégia como importante na construção de hábitos e atitudes para a sequência da vida do estudante além da fase escolar e consideram que essa prática facilita o saber científico.

A revisão traz considerações de autores como Martins et al. (2001), que consideram que esse tipo de texto leva estudantes e professores a terem acesso a uma diversidade de informações, melhoria da argumentação e participação na cultura científica, com possibilidade de desenvolvimento da linguagem típica da ciência.

Outro ponto de destaque nessa revisão de Ferreira e Queiroz (2012) e que será importante para o presente trabalho é o que trata das experiências feitas por pesquisadores que se utilizaram dessa estratégia no ensino de ciências. As autoras separaram os trabalhos de acordo com os objetivos pretendidos, dessa forma os trabalhos ficaram discriminados da seguinte forma:

- a. Fomentar hábitos de leitura no contexto escolar (ALMEIDA, 1997);
- b. Favorecer a compreensão sobre aspectos da produção do conhecimento científico (ALMEIDA, 1997; MARTINS et al., 2004; ABREU et al., 2007; FERREIRA; QUEIROZ, 2011; GUERRA; MENEZES, 2009);
- c. Promover o interesse dos alunos em sala de aula (MARTINS et al., 2004);

d. Estimular o pensamento crítico dos alunos (MENEGAT et al., 2007);

e. Fomentar discussões e debates em sala de aula (MENEGAT et al. 2007; GUERRA; MENEZES, 2009; MARTINS et al., 2004);

f. Favorecer a aprendizagem de conceitos (SILVA; KAWAMURA, 2001; MONTEIRO et al., 2003; PERTICARRARI et al., 2010; ZANCHETTA JÚNIOR, 2010);

g. Desenvolver nos alunos habilidades de comunicação oral e escrita (SILVA; RIBEIRO, 2009; GUERRA; MENEZES, 2009). (FERREIRA E QUEIROZ, 2012, p. 15).

Essas experiências foram feitas em turmas do Ensino Médio e Superior e um dos principais objetos de estudo foram as interações entre os participantes do processo, bem como as produções escritas dos estudantes a partir das leituras.

Com relação às estratégias usadas para que os objetivos fossem alcançados as autoras selecionaram:

a. Leitura de TDC seguida de formulação de perguntas pelos alunos (ALMEIDA, 1997; SILVA; KAWAMURA, 2001; ABREU et al., 2007; QUADROS et al., 2011);

b. Leitura de TDC atrelada à solicitação de produções escritas pelos alunos (FERREIRA; QUEIROZ, 2011; ZANCHETTA JÚNIOR, 2010);

c. Leitura de TDC seguida de discussões em sala de aula (MONTEIRO; et al., 2003; MARTINS et al., 2004; PERTICARRARI et al., 2010; ZAMORANO et al., 2011);

d. Leitura de TDC para a resolução de situações-problema (MENEGAT et al., 2007);

e. Leitura de TDC com posterior resolução de perguntas colocadas pelo professor (GUERRA; MENEZES, 2009). (FERREIRA E QUEIROZ, 2012, p. 16).

Essa revisão foi relevante ao mostrar e descrever como os pesquisadores estão investigando a importância, bem como as dificuldades encontradas, ao se trabalhar com textos de divulgação científica.

A partir da revisão de Ferreira e Queiroz (2012), fez-se uma leitura de outros artigos, como o de Terrazzan e Cabana (2003), onde ocorre uma discussão dos aspectos mais relevantes da utilização de textos de divulgação científica em sala de aula, destacando-se a importância desse tipo de estratégia para que o estudante desenvolva hábitos de leitura, melhorando sua capacidade de interpretação.

Disciplinas como a Física devem contribuir com as disciplinas de outras áreas do conhecimento, já que essa não é uma tarefa somente de uma área específica de linguagem e sim do conjunto das disciplinas. É importante selecionar textos de Física que tenham a característica de ser mais próximo da leitura do estudante do que a linguagem mais técnica dos livros didáticos e isso pode ser motivador na leitura e participação dos estudantes nas aulas. Terrazzan e Cabana (2003) defendem o uso de textos de divulgação científica, pois ao contrário dos livros didáticos, que normalmente trazem os resultados alcançados pela ciência, que se mostram como verdades incontestáveis, esses textos de divulgação científica costumam mostrar o fazer da ciência, ou seja, como os resultados alcançados foram conquistados. Servem como referência, para apresentar aos estudantes as maneiras através das quais o desenvolvimento da ciência ocorre. Esses textos trazem muitos aspectos voltados para o cotidiano das pessoas, tornando a leitura mais interessante.

No que se refere à adoção de textos de divulgação científica, que se utiliza de linguagem mais simples, Terrazan e Gabana (2003), ainda afirmam que esses textos tornam o conhecimento científico mais próximo da vida do estudante, o que contribui para apontar a relevância da leitura para a formação de cidadãos críticos. Nesse aspecto essas leituras poderiam ser organizadas dentro de um projeto pedagógico, estimulando debates, discussões, de forma a permitir maior participação dos estudantes.

Assim, os textos de divulgação científica podem ser o veículo de mediação, para levar para o ambiente escolar a discussão sobre o que está acontecendo atualmente nos meios científicos.

Como críticas ao uso dos textos de divulgação científica, Terrazzan e Cabana (2003) comentam que esse tipo de texto aborda os assuntos de uma forma mais direta e simples, não tendo o objetivo de ensinar conceitos científicos, assim é possível que se encontrem equívocos nesse tipo de texto, informações com menos rigor científico. Portanto, deve-se ter cuidado para que os estudantes não desenvolvam concepções erradas acerca dos conhecimentos científicos. Esses autores propõem que, para se tornar mais efetiva a ação de se usar textos de divulgação científica, devem-se organizar essas leituras em atividades didáticas.

De acordo com a crítica desses autores é importante que o professor leia o texto com cuidado ao preparar a atividade que será desenvolvida com os estudantes, sendo dessa forma o mediador desse processo, para que os objetivos de aprendizagem sejam alcançados.

A apropriação do uso de textos de divulgação científica é importante para orientar ações em novos projetos, que podem se utilizar de estratégias testadas por outros professores-pesquisadores em sala de aula e inspira novas ações na busca por melhorias nas atividades de ensino aprendizagem.

O trabalho aqui proposto aborda a radiação de corpo negro que foi discutida a partir dos processos de transmissão de calor, através da realização de alguns experimentos investigativos. Na sequência foram realizadas discussões sobre temas atuais, como efeito estufa e aquecimento global. A partir dessas discussões voltou-se um pouco no tempo, através da leitura de um texto de divulgação científica, onde foi descrito um problema que a siderurgia da era da revolução industrial queria resolver: Como relacionar a temperatura dos fornos das siderúrgicas, com a radiação eletromagnética emitida? A partir dessa

abordagem foram criadas as condições para o estudo da emissão de radiação de um corpo negro e seus desdobramentos.

4 METODOLOGIA

Este capítulo se encontra dividido em duas seções, pois é necessário que se faça a distinção entre as metodologias utilizadas nas atividades que foram desenvolvidas junto aos estudantes durante a aplicação da unidade didática e os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa para proceder à análise dos dados coletados durante a aplicação dessa unidade didática.

4.1 Metodologia de desenvolvimento da unidade didática

Este projeto foi realizado com o desenvolvimento e aplicação de uma Unidade Didática (UD) abordando os processos de transmissão de calor, na cidade de Formiga, Minas Gerais, em uma escola da rede particular de educação, que utiliza como material didático, apostilas de um sistema integrado de ensino.

A turma em que foi desenvolvida a UD era composta por 24 estudantes do 2º ano do Ensino Médio e as aulas foram ministradas à tarde, no contraturno escolar. Foi informado aos estudantes pelo professor pesquisador, que também é professor nas aulas regulares desta classe, que seria desenvolvido um trabalho relacionado ao seu mestrado, na área de ensino de Física, em um horário extraclasse. A partir desse convite, dezenove estudantes se prontificaram a contribuir com o desenvolvimento do projeto. Os demais estudantes tinham outros afazeres que os impediam de participar destas atividades. Foi explicado aos estudantes que estas atividades não acarretariam nenhum tipo de nota extra em relação ao curso regular, pois se tratava de um trabalho de pesquisa para o projeto de mestrado. Os estudantes que não participaram das atividades tiveram acesso às cópias dos materiais utilizados nas atividades extraclasse.

A UD proposta contemplou dez encontros de cinquenta minutos, mostradas no quadro abaixo. A turma foi dividida em quatro grupos com 4 estudantes e um grupo com 3 estudantes e todas as atividades foram realizadas em grupos, exceto as atividades de casa e a atividade avaliativa utilizada na aula

1 e na primeira parte da aula 6. Os grupos foram formados pelos próprios estudantes e se mantiveram inalterados até o final das dez aulas e todos tiveram acesso a um aparato experimental para realização das atividades experimentais.

Quadro 1 - Estrutura das aulas.

(Continua)

AULAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS DIDÁTICOS
Aula I A história de como chegamos às definições	1. Formatar os conceitos de calor e temperatura. 2. Discutir sobre o desenvolvimento da ciência e o papel do cientista neste processo	1. Temperatura 2. Calor 3. Energia térmica 4. Equilíbrio térmico	1. Atividade realizada individualmente. 2. Realização da leitura do texto de divulgação científica. 3. Realização de uma atividade avaliativa – exercícios.	Texto de divulgação científica
Aula II Concepções Iniciais e Primeiros Experimentos (Parte I)	1. Identificar as concepções dos estudantes sobre calor e temperatura em situações do cotidiano. 2. Investigar os modelos que os estudantes apresentam para o processo de propagação de calor por condução. 3. Identificar alguns condutores e isolantes.	1. Temperatura 2. Calor 3. Condutores e isolantes	1. Atividades realizadas em grupos de quatro integrantes. 2. Realização de um experimento – Tridente com metais condutores – onde os estudantes responderam a questões de cunho investigativo.	Experimento I: Um tridente feito com três materiais diferentes: ferro, cobre e alumínio; um fogareiro; um suporte para os tridentes.

Quadro 1 - Estrutura das aulas.

(Continuação)

AULAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS DIDÁTICOS
Aula III Primeiros Experimentos (Parte II)	1. Investigar os modelos que os estudantes apresentam para os processos de propagação de calor por convecção.	1. Processo de propagação de calor por convecção.	1. Atividade realizada em grupos de quatro integrantes. 2. Realização de dois experimentos – serragem na água e cata-vento e espiral – onde os estudantes responderam a questões de cunho investigativo. 3. Socialização e discussão dos resultados encontrados pelos grupos ao realizarem os experimentos.	Experimento 2: Uma panela com água: um fogareiro e serragem. Experimento 3: Uma vela ou fogareiro; um cata-vento feito de folha de caderno; uma espiral cortada em folha de papel A4, amarrada em uma linha.
Aula IV Primeiros Experimentos (Parte III)	1. Investigar os modelos que os estudantes apresentam para os processos de propagação de calor por radiação. 2. Discutir o efeito estufa e interpretá-lo a partir dos processos de propagação de calor.	1. Processo de propagação de calor por radiação. 2. Efeito estufa.	1. Atividade realizada em grupos de quatro integrantes. 2. Realização de um experimento – latas pintadas – onde os estudantes responderam a questões de cunho investigativo. 3. Discussão dos resultados encontrados pelos grupos ao realizarem experimentos. 4. Exibição do vídeo sobre efeito estufa e discussão.	Experimento 4: Latas de refrigerante pintadas com cores diferentes; lâmpada do 60W e termômetros.

Quadro 1 - Estrutura das aulas.

(Continuação)

AULAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS DIDÁTICOS
Aula V Esclarecendo alguns conceitos através de uma garrafa térmica	1. Discutir sobre os processos de transmissão de calor, de modo a esclarecer possíveis dúvidas. 2. Discutir quais as concepções que os estudantes têm a respeito de modelos em ciências.	1. Esclarecer possíveis dúvidas sobre os processos de propagação de calor. 2. Modelos	1. Uso de um esquema de uma garrafa térmica, para promover discussões sobre os processos de transmissão de calor e de que forma eles ocorrem. 2. Leitura de um texto sobre o uso de modelo em ciências.	Papel A4 com o esquema de uma garrafa térmica. Texto de divulgação científica.
Aula VI A Física já está construída?	1. Investigar as concepções dos estudantes em relação à emissão de calor por corpos aquecidos. 2. Discutir quais problemas eram relevantes para o desenvolvimento da indústria na época da revolução industrial e como, a partir da tentativa de solucionar esses problemas, se deu início ao estudo da Física Quântica.	1. O que são radiações? 2. Relação entre cor e temperatura. 3. O corpo negro.	1. Atividade investigativa, realizada em grupos de quatro integrantes. 2. Uso de questões de cunho investigativo, onde os estudantes apresentarão suas concepções a respeito da relação entre emissão de radiação e a cor dos corpos. 3. Debate entre grupos a fim de socializarem suas respostas. 4. Realização da leitura do texto de divulgação científica.	Questões de cunho investigativo. Texto de divulgação científica.

Quadro 1 - Estrutura das aulas.

(Conclusão)

AULAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS DIDÁTICOS
Aulas VII e VIII Experimental e Investigativa com o simulador PhET	1. Investigar os modelos que os estudantes apresentam para a radiação térmica. 2. Discutir o modelo de radiação emitida por um corpo negro.	1. Radiação emitida por um corpo negro. 2. Lei de Wien	1. Atividade realizada em grupos de quatro integrantes. 2. Realização da simulação PhET – simulação relacionada à radiação de corpo negro ¹	Experimento 5: Computador. Questões de cunho investigativo.

Nas aulas 1 e 2, ocorreu a leitura de um texto de divulgação científica e também foi realizado um experimento; nas aulas 3 e 4, foram realizados mais dois experimentos, com o intuito de levar os estudantes à reflexão sobre os processos de transmissão de calor. Esses experimentos tinham também a função de retirar os estudantes do seu comportamento de passividade, permitindo que eles pudessem agir sobre o objeto de estudo.

Neste projeto utilizou-se o laboratório com grau de liberdade II, de acordo com a estruturação de Pella (1969), descrita por Carvalho (2010):

O grau II de liberdade é caracterizado por dar aos alunos a liberdade para tirarem conclusões a partir de seus próprios dados. Isso, que nos parece lógico, não é fácil de encontrar, pois necessita de uma mudança estrutural na colocação do problema. Não pode haver mais problemas do tipo “Prove que...”, para o qual a conclusão é fechada. Por exemplo, em vez da proposição “Prove que a aceleração da gravidade é $9,8 \text{ m/s}^2$ ”, o problema a ser proposto seria “Qual a aceleração que você pode obter? E por quê?” Essa pequena mudança já modificará bastante as aulas, principalmente em

¹ Disponível em: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso em 25 jun.2015.

termos de objetivos atitudinais a serem alcançados. (CARVALHO, 2010, p.55).

O problema, as hipóteses, os planos de trabalho foram dados pelo professor; a obtenção de dados e as conclusões foram realizadas pelo estudante. A escolha desse procedimento se deve ao fato de os estudantes nunca terem realizado atividades experimentais nessa escola. Pretendia-se que os roteiros, com questões que fossem investigativas, dessem apoio à experimentação, levando os estudantes a pensar a partir de uma situação-problema e direcionando-os na busca da resolução deste problema. Esperava-se que as mudanças de atitudes em relação à aprendizagem fossem favorecidas, promovendo investigações, bem como debates.

O desenvolvimento das atividades experimentais pretendia tornar os estudantes mais autônomos nas tomadas de decisões e mais ativos socialmente, provocando mudanças que pudessem extrapolar a sala de aula.

Nas aulas 5 e 6, foram utilizados novamente textos de divulgação científica, com o intuito de trabalhar a leitura, a interpretação e a produção de textos, bem como oportunizar debates entre os estudantes. Nesta etapa ocorreu a mediação das discussões sobre a emissão de radiação pelos corpos aquecidos, apresentando-se aos estudantes os problemas da indústria, os quais foram fundamentais para o desenvolvimento de determinadas áreas da Física. Foi dado destaque as limitações da Física Clássica para explicar determinados fenômenos. A partir desse momento foram enfatizadas as contribuições teóricas que deram fundamentação para que ocorresse o desenvolvimento do que chamamos hoje de Física Moderna.

Nas aulas 7 e 8, os estudantes responderam a um roteiro investigativo estruturado sobre radiação do corpo negro, utilizando o simulador PhET, que faz parte de um programa da Universidade do Colorado que pesquisa e desenvolve simulações computacionais na área de ensino de ciências

(<http://phet.colorado.edu>). A simulação utilizada foi relacionada à radiação de corpo negro (blackbody-spectrum).

Nas aulas 9 e 10, os estudantes apresentaram um seminário, mostrando para os outros colegas de que forma entenderam a mudança de paradigma da Física Clássica para a Física Contemporânea dentro do estudo dos processos de transmissão de calor.

Em cada uma das etapas de desenvolvimento da UD as atividades realizadas pelos estudantes foram recolhidas para análise. Em cada momento também foi utilizado o diário de campo, como apoio a essa coleta de dados, para que se pudesse realizar a análise dos significados trocados durante as atividades.

4.2 Metodologia de pesquisa

As atividades realizadas pelos estudantes no desenvolvimento da unidade didática foram analisadas, de forma a deixar claro se os objetivos de cada uma delas, bem como o objetivo geral da pesquisa foram alcançados. A pesquisa foi delineada de forma que cada atividade fosse entregue ao professor, servindo como fonte de coleta de dados. O professor também fez uso de um diário de campo para fazer suas anotações. Essas anotações são importantes para mostrar de que forma transcorreram as atividades, bem como suas impressões a respeito de como os estudantes se comportaram ao realizá-las. A utilização de um diário de campo tem o objetivo de se manterem atualizadas as considerações e acontecimentos pertinentes à pesquisa. Nesse contexto, são considerados “instrumentos de auto-relato usados repetidamente para examinar experiências correntes” (BOLGER *et al.*, 2003 *apud* ZACCARELLI & GODOY, 2010, p.551).

Esses procedimentos foram usados na expectativa de que pudessem ajudar a responder à pergunta da pesquisa: *Considerando as relações entre os conteúdos, o cotidiano e a forma de se fazer ciência, essas abordagens*

metodológicas contribuem de maneira significativa para o debate e a construção das ideias relativas aos conceitos relacionados aos paradigmas entre Física Clássica e Física Moderna? Esperando que fosse um bom procedimento para que coleta, análise e interpretação dos dados estivessem bem integradas.

Depois de coletados os dados, eles foram analisados, inspirados no método de análise de conteúdo, que vem sendo muito usado em pesquisas sociais e em trabalhos na área de educação, e que segundo Bardin (1977):

Pode ser considerada como um conjunto de técnicas de análises de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e de recepção das mensagens, inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos, ou não) (BARDIN, 1977, p. 38).

Como também afirma Chizzotti (2006, p.98), “o objetivo da análise de conteúdo é compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, as significações explícitas ou ocultas”.

O método de análise de conteúdo foi utilizado no sentido de se fazer uma análise qualitativa do significado atribuído pelos estudantes a cada uma das atividades realizadas na unidade didática, na busca por evidenciar a concepção do estudante. Pretendia-se verificar se os objetivos do projeto foram alcançados e quais as impressões dos estudantes em relação a cada procedimento adotado.

O processo de análise seguiu a organização proposta por Bardin (1977), a primeira fase, chamada de atividade pré-análise é onde ocorre a organização de todo o material coletado e considerado importante para se fazer a análise. Nesse momento deve-se seguir as quatro etapas propostas por Bardin (1977).

A primeira é a leitura flutuante, onde se estabelece o primeiro contato com os materiais coletados no desenvolvimento da unidade didática, que foi a fonte de dados dessa pesquisa. Essa leitura fez com que fosse possível conhecer

melhor o texto, para se sentir as primeiras impressões de modo a se obter as primeiras orientações.

A segunda é a separação das atividades realizadas no desenvolvimento da unidade didática, onde se constituiu o corpus, que são todas as tarefas realizadas pelos estudantes e que foram submetidas à análise.

A terceira é a verificação do conjunto de hipóteses e objetivos a serem avaliados e a quarta é a preparação do material a ser analisado.

Para que essa fase de pré-análise fosse efetiva seguiu-se os critérios recomendados por Bardin (1977), que são: exaustividade, onde se procura não deixar nenhum aspecto importante fora dos documentos a serem analisados; representatividade, no caso desse trabalho, todos os participantes do processo serão analisados; homogeneidade, onde todos os estudantes passaram pelos mesmos processos no desenvolvimento da unidade didática, respondendo aos mesmos roteiros e questionários investigativos e pertinência, onde se percebe que os documentos estão de acordo com os objetivos previstos.

A **segunda fase** consiste na exploração do material, realizando-se uma descrição analítica do que será submetido a um estudo mais aprofundado. Assim, a codificação, a classificação e a categorização são básicas nessa fase (BARDIN, 1977). A codificação

Corresponde a uma transformação – efetuada segundo regras precisas – dos dados brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo, ou da sua expressão, susceptível de esclarecer o analista acerca das características do texto, que podem servir de índices (BARDIN, 1977, p.103).

Na organização da codificação, utilizar-se-á neste trabalho o recorte, que representa “a unidade de significação a codificar e corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade de base, visando à categorização e a

contagem frequencial” (BARDIN, 1977, p. 104). E, como unidade de registro usar-se-á o tema que segundo Berelson (1977) é:

Uma afirmação acerca de um assunto. Quer dizer, uma frase, ou uma frase composta, habitualmente um resumo ou uma frase condensada, por influência da qual pode ser afetado um vasto conjunto de formulações singulares (BERELSON *apud* BARDIN, 1977, p.105).

Ainda, segundo Bardin, (1977):

O tema é geralmente utilizado como unidade de registro para estudar motivações de opiniões, de atitudes, de valores, de crenças, de tendências, etc. As respostas a questões abertas, as entrevistas (não diretivas ou mais estruturadas) individuais ou de grupo, de inquérito ou de psicoterapia, os protocolos de testes, as reuniões de grupos, os psicodramas, as comunicações de massa, etc., podem ser, e são frequentemente, analisados tendo o tema por base (BARDIN, 1977, p.106).

A terceira fase consiste no tratamento dos resultados obtidos e a interpretação, onde se tratam os resultados brutos, tornando-os significativos (falantes) e válidos. A partir desses resultados significativos e fiéis, pode-se então propor inferências e interpretações a propósito dos objetivos previstos, ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas (BARDIN, 1977).

5 ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados e as análises de cada aula com as respectivas tarefas de casa já incluídas bem como as discussões acerca desses resultados. As respostas dos estudantes foram reproduzidas na íntegra, mostrando fielmente como foram respondidas, assim erros de português não foram corrigidos.

AULA 1 – A história de como chegamos às definições e conceitos

Os objetivos do professor para esta aula foram os seguintes:

- a) Revisar e formalizar os conceitos de calor e temperatura.
- b) Discutir sobre o desenvolvimento da ciência, dando ênfase ao papel do cientista neste processo.

Para alcançar estes objetivos, a aula 1 foi estruturada em duas partes, nas quais foram utilizadas as seguintes metodologias:

i) Na primeira parte, foi feita, junto com os estudantes, a leitura de um texto de divulgação científica, que foi mediada por uma discussão sobre os temas abordados no texto, com duração de 30 minutos.

ii) Na segunda parte os estudantes resolveram uma lista de exercícios, que foram corrigidos pelo professor a partir das discussões dos estudantes, com duração de 20 minutos.

Estiveram presentes a esta aula os 19 estudantes que contribuíram para o desenvolvimento da unidade didática.

Análise da Primeira Aula

Na primeira parte da aula foi feita a leitura do texto **CALOR: UMA FORMA DE ENERGIA**² (APÊNDICE A). Esse texto inicia abordando conceitos relativos a energia e suas transformações, depois apresenta como se iniciaram os estudos sobre calor e, a partir daí, desenvolve os conceitos aceitos modernamente sobre calor, temperatura e energia interna.

O texto também mostra como esses temas foram pensados e como os conceitos foram sendo elaborados por vários estudiosos ao longo da história, evidenciando o processo de construção da ciência.

A leitura ocorreu da seguinte forma: cada estudante lia um parágrafo, depois o professor fazia comentários e também respondia aos questionamentos que surgiam ao longo do desenvolvimento da leitura sendo, dessa forma, criado um ambiente de interação entre os estudantes, que liam com atenção, pois sabiam que de alguma forma seriam chamados para a discussão ou para dar seu ponto de vista sobre determinado trecho do texto.

Nessa fase pode-se perceber a motivação dos estudantes em querer dar opiniões sobre aspectos do texto, principalmente referentes ao início da discussão sobre a teoria do calórico, que deu indicações para eles de como a ciência se desenvolve e de como uma teoria, como a do calórico, era eficiente para explicar os fenômenos conhecidos na época. Eles perceberam também como uma teoria considerada eficiente durante uma época, pode cair por terra frente a novas perguntas que não podem ser respondidas por meio dela. Foi possível para eles perceberem o nascer de uma nova teoria a respeito do calor, que floresceu a partir das observações realizadas em uma fábrica de canhões e

² Calor: uma forma de energia, Adaptado de MARQUES, N. L. R. & ARAUJO, I. S. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 20, nº 5, 2009.

dos questionamentos que surgiram dessas observações, e como a partir desse momento ela se desenvolveu, até chegar aos conceitos trazidos pelos livros didáticos atuais. Os estudantes participaram efetivamente e com muito entusiasmo dessa primeira parte da aula. Um fato interessante é que alguns estudantes acharam a teoria do calórico tão fascinante, que ficavam tentando explicar os fenômenos com essa teoria, mesmo sabendo que ela havia sido substituída por outra mais completa.

Pode-se perceber com esta atividade que os estudantes tiveram contato com o fazer científico, discutindo como surgem as teorias e conceitos, como ocorrem as discussões em ciência, o que corrobora com Terrazzan e Cabana (2003), que afirmam que:

em TDCs encontramos discussões sobre os processos de produção dos conhecimentos científicos, o que pode auxiliar o leitor a formar imagens/ideias mais adequadas do que seja o “fazer científico”, diminuindo o grau de mistificação ou de exaltação ou ainda de recusa que costuma permear a imagem pública da Ciência. (TERRAZZAN & CABANA, 2003, p.2).

Na segunda parte da aula os estudantes responderam a seis testes de múltipla escolha, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1 e a três questões discursivas, cujos resultados são apresentados de forma resumida na Tabela 2, O APÊNDICE B contém as questões analisadas, que abordavam conceitos tais como calor, temperatura e equilíbrio térmico. Os estudantes fizeram os exercícios individualmente e entregaram para o professor, que não participou com nenhum comentário até que todos entregassem a atividade. Alguns estudantes recorreram ao texto para dar suas respostas, o que era permitido.

Cabe salientar a importância da mediação feita pelo professor durante a leitura do texto, ouvindo as ideias e dando voz a quem quisesse contribuir com

os temas em debate. Dessa forma é relevante ficar atento ao que diz Libâneo (2004), ao explicar que:

A didática precisa incorporar as investigações mais recentes sobre modos de aprender e ensinar e sobre o papel mediador do professor na preparação dos alunos para o pensar. [...] Nesse caso, a característica mais destacada do trabalho do professor é a mediação docente pela qual ele se põe entre o aluno e o conhecimento para possibilitar as condições e os meios de aprendizagem, ou seja, as mediações cognitivas (LIBÂNEO, 2004, p.5).

Depois de receber as respostas da atividade, o professor leu para a turma as respostas às questões discursivas, ouvindo como os estudantes as responderam. As respostas dos estudantes assim socializadas permitiu que todos participassem do processo de aprendizagem. Aqueles que são por natureza mais arredios às discussões, eram constantemente chamados pelo professor a darem sua contribuição de forma a propiciar a participação de todos.

Correção da atividade da primeira aula

As Tabelas 1 e 2 trazem os resultados da correção dos testes e questões que compuseram a atividade da primeira aula.

Parte 1 – Teste de múltipla escolha

Tabela 1 - Resultados do teste de múltipla escolha, realizado na aula 1.

Questões	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Acertos	19	18	17	17	14	6

Os testes **T5 e T6**, ambos relacionados ao conceito de equilíbrio térmico entre corpos, foram os que apresentaram maiores dificuldades para os estudantes. O **T6**, que foi o teste no qual os estudantes apresentaram mais

dificuldades, mostra que muitos deles associam o equilíbrio térmico com o contato direto entre os corpos, o que evidencia que esses estudantes ainda não reconhecem todos os processos de transmissão de calor.

Parte 2 - Questões discursivas

As questões utilizadas nesta parte do teste foram as seguintes:

Questão 1 (Q1): Temos dois corpos A e B, de tal forma que $T_A > T_B$. Esses corpos são colocados em contato e isolados de outros corpos, ou seja, são isolados de influências externas. O que acontecerá com as temperaturas de cada corpo? Explique.

Questão 2 (Q2): Quanto maior a temperatura de um corpo, mais calor ele possui? Explique.

Questão 3 (Q3): Pode-se dizer que a temperatura é a medida da quantidade de calor de um corpo? Explique.

A seguir estão apresentadas as categorias construídas após a análise das respostas dos estudantes as questões discursivas sobre calor e temperatura, trabalhadas na aula 1 e, logo após, são feitos alguns comentários sobre elas.

Tabela 2 - Categorias construídas após a análise das respostas dadas pelos estudantes às questões discursivas trabalhadas na aula 1, referentes aos conceitos de calor e temperatura.

	Q1	Q2	Q3
Respostas corretas, mas sem explicação.	4	1	0
Respostas corretas, com explicação sem uso de termos retirados do texto.	9	12	7
Respostas corretas, com explicação usando termos retirados do texto.	1	3	5
Confusão entre os conceitos de calor e temperatura.	2	3	7
Não respondeu.	3	0	0

Como o conteúdo abordado nestas questões já havia sido desenvolvido nas aulas regulares esperava-se que os estudantes já o dominassem. Porém, o que se percebeu, foi que sete estudantes de um total de dezenove, buscaram as respostas no texto, ou seja, a impressão que ficou é de que eles não se lembravam ou não haviam se apropriado desses conceitos. Deve-se ressaltar que não havia a exigência de que as respostas fossem construídas sem consultas ao texto. Foi-lhes dito que a consulta ao texto era permitida.

O tipo de respostas dadas por esses sete estudantes nos remete principalmente a página 3 do texto do APÊNDICE A, usado em aula, onde o autor define “*energia interna como soma de todas as energias cinéticas que existem nas substâncias*”. E define também

Temperatura como a medida da energia cinética média de translação dos átomos e moléculas. Quando essa energia cinética aumenta, a temperatura aumenta (MARQUES & ARAÚJO, 2009, p. 3).

Ou seja, eles usaram a linguagem formal ao invés de tentarem expor, com suas próprias palavras, a compreensão que tiveram sobre as questões.

As respostas que corroboram esta conclusão se apresentaram da seguinte forma:

TA diminuirá e TB aumentará, até $TA = TB$. Pois o corpo A transmitirá energia na forma de calor para o corpo B; como a temperatura está interligada com o movimento cinético dos átomos do corpo, a energia na forma de calor transformará em energia cinética das partículas, explicando o aumento de TB e a diminuição de TA (Resposta à questão (Q1) do estudante G3O).

Não. O calor é energia em trânsito, nenhum corpo “possui calor”. Quanto maior a temperatura de um corpo, maior sua energia interna (Resposta à questão (Q2) do estudante G1T).

Não. Pois a temperatura é a medida das agitações dos átomos do corpo, sendo relacionada com a quantidade de energia cinética das partículas (Resposta à questão (Q3) do estudante G3O).

Mesmo após a leitura do texto ainda é possível encontrar alguns erros conceituais nas respostas elaboradas pelos estudantes.

Na **Q1**, o estudante (**G4A**) foi contabilizado na categoria “não respondeu”, pois ele respondeu da seguinte forma:

A temperatura está intimamente ligada à energia cinética média das partículas que compõem o corpo TA - maior agitação das partículas e maior energia cinética média. TB – menor agitação das partículas e menor energia cinética média (**estudante G4A**).

Apesar de ter apresentado a definição correta de acordo com o texto de referência, esse estudante não respondeu à pergunta que estava sendo feita.

Com relação aos outros dois estudantes que não responderam à questão **Q1**, acredita-se que foi por falta de atenção, pois são estudantes aplicados que tem disposição em fazer as tarefas e normalmente tem bom aproveitamento nas atividades regulares de sala de aula.

Os dois estudantes que confundiram calor e temperatura responderam da seguinte forma:

Eles trocarão de calor. Como $TA > TB$, TA cederá calor para TB, que receberá calor, mantendo um fluxo de troca de calor (**estudante G5G**).

Quando em contato, haverá transferência de calor, mas a temperatura continuará a mesma de antes (**estudante G2J**).

Outra resposta que pode ser destacada é a seguinte:

Entrarão em equilíbrio, o corpo mais quente transfere para o mais frio. Então equilibra suas temperaturas (**estudante G1A**).

Apesar do estudante **G1A** não usar o termo calor explicitamente, esse termo fica subentendido e, dessa forma, o estudante está contabilizado na 3ª linha. Outro estudante, que também foi contabilizado na 3ª linha, respondeu do seguinte modo:

Entrarão em equilíbrio térmico. O calor será transferido de A→B e por consequência a vibração das partículas de A diminuirá e B aumentará (já que o calor é um estímulo), estabilizando a temperatura (**estudante G3L**).

Na questão **Q2**, os três estudantes que confundiram calor e temperatura responderam da seguinte forma:

Não, quanto mais temperatura mais calor em trânsito (**estudante G1A**).

Sim, elas são diretamente proporcionais pois o fluxo de calor interfere na translação das partículas, estimulando o receptor a ter mais movimento das tais (**estudante G3L**).

Sim, pois quanto mais calor, mais alta é a temperatura (**estudante G4R**).

Pode-se perceber que os estudantes **G1A** e **G4R** não associaram calor com variação de temperatura, mas sim temperatura com a quantidade de calor transferido.

O estudante **G3L**, respondeu que sim, ou seja, ainda não distingue que calor está em trânsito e não contido em um corpo. Faz confusão ao pensar que o calor interfere na translação das partículas, pois isto está associado com a temperatura do corpo e não com o calor transferido. Vale ressaltar que ele também amplia o repertório de teorias, embora sem apropriação dos conceitos envolvidos, ao dizer que o fluxo de calor estimula o receptor (corpo que recebe calor) a ter mais movimento das tais (aumento de temperatura).

Na questão **Q3**, os sete estudantes que confundiram calor e temperatura responderam da seguinte forma:

Não, temperatura é a quantidade de calor transferido, pois um corpo não possui calor (**estudante G1A**).

Não. Ela é a medida da quantidade de calor que um corpo está recebendo ou cedendo (**estudante G5G**).

Não, um corpo não absorve calor. O calor apenas passa por ele (**estudante G1G**).

Não, a temperatura pode ser usada como a medida de quanto calor ele pode dar (**estudante G4JV**).

Não, o calor não pode ser medido (**estudante G4J**).

Sim. Pois a temperatura se refere ao calor que o corpo está sentindo (**estudante G2M**).

Sim, pois quando se mede a temperatura do corpo, mede-se a agitação de suas partículas, ou seja, seu calor (**estudante G4R**).

Esses estudantes ainda não conseguem distinguir que para ocorrer transferência de calor é necessário que se tenha uma diferença de temperatura. Ainda pensam que se um corpo está com alta temperatura “ele tem tanto calor” que precisa se livrar dele, que tem que transferir calor para outro corpo, sem pensar que a temperatura do outro pode ser igual. Por outro lado, na visão deles, um corpo com baixa temperatura tem que receber calor.

Nessa aula, a interação entre os estudantes, a participação nas leituras e discussões, ocorreu de forma mais dinâmica do que nas aulas tradicionais, e foi possível perceber que a interação social contribuiu de maneira significativa para o desenvolvimento das formas de expressão, melhorando o vocabulário científico e contribuindo também para o desenvolvimento teórico. Ao discutir trechos do texto, os estudantes usaram sua linguagem própria, e isso facilitou ao professor a intervenção para pontuar possíveis erros de interpretação, bem como falas equivocadas. Percebeu-se ainda a possibilidade de auxiliar os estudantes na transposição da linguagem do cotidiano para uma linguagem formal do ponto de vista científico, uma vez que um dos objetivos dessa aula foi a formalização dos conceitos de temperatura e calor, através das respostas às questões da atividade.

Uma das características a se destacar nesse tipo de metodologia é que os estudantes têm muitas oportunidades de discutir com seus colegas de sala de aula, diferente das aulas com formato mais tradicional, onde as discussões quase sempre ficam restritas entre professor e estudantes e não entre os próprios estudantes. Quanto maior a interação com os estudantes, ouvindo-os, mais fácil

se tornam as devidas intervenções no sentido de mediar a (re) significação. Assim, Libâneo (2004) pontua algumas contribuições da teoria do ensino desenvolvimental e que nos guiou em nossas observações:

a) A educação e o ensino são fatores determinantes do desenvolvimento mental, inclusive por poder ir adiante do desenvolvimento real da criança. b) Deve-se levar em consideração as origens sociais do processo de desenvolvimento, ou seja, o desenvolvimento individual depende do desenvolvimento do coletivo. A atividade cognitiva é inseparável do meio cultural, tendo lugar em um sistema interpessoal de forma que, através das interações com esse meio, os alunos aprendem os instrumentos cognitivos e comunicativos de sua cultura. Isto caracteriza o processo de internalização das funções mentais. c) A educação é componente da atividade humana orientada para o desenvolvimento do pensamento através da atividade de aprendizagem dos alunos (formação de conceitos teóricos, generalização, análise, síntese, raciocínio teórico, pensamento lógico), desde a escola elementar. d) A referência básica do processo de ensino são os objetos científicos (os conteúdos), que precisam ser apropriados pelos alunos mediante a descoberta de um princípio interno do objeto e, daí, reconstruído sob forma de conceito teórico na atividade conjunta entre professor e alunos. A interação sujeito-objeto implica o uso de mediações simbólicas (sistemas, esquemas, mapas, modelos, isto é, signos, em sentido amplo) encontradas na cultura e na ciência. A reconstrução e reestruturação do objeto de estudo constituem o processo de internalização, a partir do qual se reestrutura o próprio modo de pensar dos alunos, assegurando, com isso, seu desenvolvimento. (LIBÂNEO, 2004, p.15).

Outro aspecto relevante do ponto de vista pedagógico é que o texto estudado em sala de aula trouxe discussões de como surgem as teorias e os conceitos, atendendo ao segundo objetivo dessa aula, que era discutir sobre o desenvolvimento da ciência, dando ênfase ao papel do cientista neste processo. Pois segundo Davydov e a sua teoria do ensino desenvolvimental:

A essência do pensamento teórico consiste em que se trata de um procedimento especial com o qual o homem enfoca a compreensão das coisas e dos acontecimentos por meio da análise das condições de sua origem e desenvolvimento (DAVYDOV, 1988b, p. 6).

AULA 2 – Concepções Iniciais e Primeiros Experimentos (Parte I)

A aula 2 consistiu na realização, em grupos, do primeiro experimento sobre propagação de calor por condução.

Neste experimento e nos que se seguem foram utilizadas atividades experimentais classificadas como laboratórios com grau de liberdade II, de acordo com Carvalho (2010, p.55).

Os objetivos do professor para esta aula foram os seguintes:

- a) Identificar se o que foi formalizado na aula anterior sobre calor e temperatura seria reconhecido pelos estudantes em uma atividade experimental.
- b) Investigar os modelos que os estudantes apresentam para o processo de propagação de calor por condução.
- c) Verificar se os estudantes identificam e diferenciam alguns materiais condutores e isolantes térmicos.
- d) Verificar se os estudantes relacionam os experimentos com fenômenos do cotidiano.

Para alcançar estes objetivos, foi realizado um experimento, com a turma dividida em grupos compostos por 4 estudantes, dentro da distribuição de tempo prevista para 50 minutos.

Análise da Segunda Aula

O aparato experimental utilizado na aula consistia em três hastes metálicas, de diferentes materiais, enroladas umas nas outras, contendo parafina em suas extremidades, as quais deveriam ser postas em contato com a chama de uma vela. A figura 1 mostra este arranjo experimental.

Figura 1 - Arranjo experimental utilizado para discussão do processo de propagação de calor por condução



Para guiar a realização do experimento, o roteiro continha cinco perguntas, que estão descritas e analisadas a seguir.

Durante a realização dessa aula os estudantes não deviam fazer nenhuma consulta em materiais diferentes do roteiro que haviam recebido para não dificultar a análise das respostas no que diz respeito aos objetivos a e b.

A seguir estão apresentados quadros com as respostas dos estudantes às cinco questões contidas no roteiro da atividade experimental.

Quadro 2 - Respostas para a questão (a) Observando a montagem que se encontra na bancada, escreva o que vocês acham que acontecerá quando a parte enrolada for aquecida. Tentem justificar essa resposta inicial.

G1	Todos os fios irão aquecer e a parafina irá derreter, pois calor é energia em trânsito, fazendo com que a energia interna aumente e a temperatura também aumente.
G2	Os metais do tridente vão conduzir calor até sua ponta, e isso derreterá a parafina.
G3	Esquentar a haste e o calor é transferido até as extremidades, fazendo a cera derreter, entretanto, a cera de cada material derreterá em um tempo diferente.
G4	Cada parte irá se aquecer em tempos diferentes, assim, a cera também irá derreter em tempo diferente variando de acordo com cada material.
G5	O cobre. Pois o calor específico é menor.

Analisando as respostas dos estudantes à questão 1 do roteiro pode-se perceber que quatro dos cinco grupos mostraram compreender explicitamente que o que flui é o calor. O grupo G5, no entanto não explicita essa compreensão, pois sua resposta está baseada no uso do conceito de calor específico, não mostrando claramente qual é a importância do calor específico para o processo de transmissão de calor por condução. No entanto, apenas dois grupos, o G3 e o G4 previram que, devido à diferença nos materiais que compõem o tridente, a parafina deverá derreter em tempos diferentes, pois o processo de condução de calor depende de características dos materiais.

Quadro 3 - Respostas para a questão (b) Vocês conseguiram perceber alguma diferença de comportamento entre os três metais? Qual ou quais? Tentem explicar as diferenças, caso elas tenham sido observadas.

G1	Sim, o tempo de trânsito do calor para o cobre foi menor, depois o ferro e por último o alumínio.
G2	Sim. A diferença é que um conduz calor mais rápido que os outros, devido à diferença de materiais.
G3	Sim, entre todos eles. Pois cada material possui uma capacidade térmica diferente, sendo a do cobre menor, portanto esquentando mais rápido, logo em seguida o alumínio, e por fim o ferro.
G4	Sim. O cobre aqueceu mais rápido, logo depois o alumínio e por último o ferro. O cobre é melhor condutor, seguido do alumínio e por último o ferro.
G5	Sim. O cobre conduz o calor com mais eficiência e devido ao menor comprimento a cera do ferro se derreteu mais rapidamente que o Al.

A partir da realização do experimento fica evidente que todos os grupos perceberam a importância dos materiais na propagação do calor e que quatro dos cinco grupos também perceberam que materiais diferentes conduzem o calor de forma diferente. Apenas o grupo G3, usou o termo capacidade térmica, pois se lembraram do termo usado no estudo de calorimetria do curso regular, mas não usaram nenhum termo relacionado à condução de calor, apenas à facilidade ou não de variar a temperatura. O grupo G5, apesar de não ter conseguido fazer uma previsão inicial, foi além, enfatizando o fato de que talvez o comprimento dos condutores fosse importante no experimento, sendo que isso nunca tinha sido mencionado nas aulas.

Quadro 4 - Respostas para a questão (c) Identifiquem algum fenômeno parecido com esse no dia a dia. Descreva-o.

G1	O “cozimento” de feijão e macarrão. O macarrão cozinha mais rápido que o feijão, sendo que este deve ser feito na panela de pressão para agilizar o seu preparo.
G2	Quando estamos cozinhando podemos esquecer a colher dentro da panela. Quando vamos pegá-la, ela está muito quente.
G3	Uma cadeira composta de madeira e metal exposta ao Sol. Ao entrar em contato com os dois materiais percebemos que a parte metálica se encontra mais quente que a madeira.
G4	Em panelas para o cozimento de alimentos. Panelas de cobre aquecem mais rápido o alimento, logo o cozimento é mais rápido e assim seguindo a ordem de alumínio, e depois ferro, onde a troca de calor é mais difícil.
G5	Ao acender a chama do fogão e a panela esquentar.

Os grupos G2, G4 e G5 conseguiram transpor o que foi analisado no experimento para o cotidiano, porém os integrantes do grupo G4 acham que o material que é mau condutor tem mais dificuldade de receber calor e não de propagá-lo. Os componentes do grupo G3 não ficaram atentos ao processo de propagação do calor, ficaram mais atentos ao que acontecia com os materiais envolvidos no experimento. Os integrantes do grupo G1 não fizeram uma boa relação, pois usaram alimentos que não são bons condutores, demonstrando estarem pensando em aquecimento e não em condução.

Quadro 5 - Respostas para a questão (d) Como vocês acham que ocorre o aquecimento dos arames? Alguma coisa é transferida para eles pela chama? Tentem propor um modelo que explique esse processo de aquecimento.

G1	O aquecimento dos arames ocorre devido ao calor em trânsito da chama para os metais e vice-versa, fazendo com que a energia interna destes aumente e sua temperatura também. O calor é transferido para eles pela chama.
G2	Os arames em contato com o fogo, recebem calor, pois o fogo está mais quente. Sim, o calor é transferido. Modelo: o calor recebido pelos metais chega até a parafina, que muda de estado físico com o aumento da temperatura.
G3	O calor é transferido do fogo para o arame sendo essa energia convertida em energia cinética dos átomos do arame, aumentando sua temperatura.
G4	O calor é transferido pela chama, aquecendo os fios que transmitem o calor, por toda a extensão do fio. O calor, após aquecer o fio é transmitido inteiramente para a cera.
G5	Neste caso, o calor é transferido diretamente de átomo a átomo do metal. A energia na forma de calor é transferida aos metais. Propondo modelo: o calor através da combustão do álcool é transferido diretamente aos materiais quando a chama é posta em contato com os materiais e por radiação, isso faz com que as moléculas agitem, molécula por molécula, até chegar à ponta dos fios, passando calor à cera, que devido ao aumento de temperatura, ocorre a fusão.

Todos os grupos mostram compreender o processo de propagação de calor por condução, evidenciados através dos modelos propostos para explicar o experimento. O grupo G1 cometeu um equívoco na hora de explicar sobre o fluxo de calor da chama para o arame, usando inadequadamente o termo vice-versa, indicando que o calor pode seguir nos dois sentidos e isso parece mais um descuido do que falta de conhecimento. O grupo G2 criou um modelo explicando que o fluxo de calor é devido à diferença de temperatura entre a chama e o metal e ainda explicou que o calor que passou do metal para a parafina fez a parafina mudar de estado físico. O grupo G3 criou um modelo usando termos formais como aumento da energia cinética dos átomos. Já o grupo G4 foi preciso e simples e o grupo G5 foi o que fez o modelo mais completo, associando a transmissão do calor da chama para o arame com a

radiação e não com a convecção, do arame para a cera com a vibração molécula a molécula, bem como a fusão da cera. Essas explicações têm traços das aulas que foram desenvolvidas no período regular e mostram que os estudantes se apropriaram dos conceitos discutidos sobre calor, temperatura e condução.

Quadro 6 - Respostas para a questão (e) O que vocês observaram? Relatem em detalhes as suas observações. Se for preciso, façam desenhos que ajudem na explicação.

G1	A parafina do cobre derreteu primeiro, depois a parafina do ferro e por último a parafina do alumínio.
G2	Com o aquecimento dos metais, a parafina que estava no alumínio derreteu primeiro, logo após a parafina do cobre derreteu, e depois de muito tempo foi a parafina do ferro.
G3	A cera que estava em contato com o cobre foi a primeira a derreter, seguida do alumínio, e por último a do ferro.
G4	No primeiro momento, a chama aquece os fios. O calor vai sendo transmitido pelo fio de cobre e derrete a cera, mostrando que dos três, o cobre é melhor condutor, alguns minutos depois, o alumínio também derrete a cera, sendo ele o segundo melhor condutor.
G5	A cera derreteu somente no cobre, continuando sólida no ferro e alumínio, devido ao tempo curto. Por teoria, deduzimos que o ferro esquentará mais rápido, pelo comprimento.

Todos os grupos narraram os acontecimentos de maneira simplificada, mas relataram a ordem em que a parafina derreteu. Os grupos G1, G3, G4 e G5 não fizeram desenhos ou esquemas. O grupo G2 fez o desenho do tridente, que não foi explicativo, mas mostra que para esse grupo o alumínio estava no centro, ou seja, era o de menor comprimento, por isso deve ter derretido a parafina primeiro. O grupo G5 enfrentou um problema diferente, pois durante a realização do experimento o calor transferido não foi suficiente para derreter a parafina em todos os metais, mas eles conseguiram perceber que existem materiais que são melhores condutores que outros, pois puderam observar os experimentos dos outros grupos e, de novo mencionaram o comprimento do condutor como relevante no experimento.

A tabela 3 apresenta as categorias construídas a partir da análise das respostas contidas nos quadros 1, 2, 3, 4 e 5.

Tabela 3 - Categorias construídas a partir da análise das respostas dos grupos as questões associadas com o primeiro experimento.

	G1	G2	G3	G4	G5
Fizeram a distinção entre calor e temperatura e usaram o termo transferência de calor corretamente.	X	X	X	X	X
Não previram a ordem com que a parafina derreteria.			X	X	
Entenderam que alguns materiais são melhores condutores de calor do que outros.	X	X	X	X	X
Relacionaram o experimento com algum evento do cotidiano.		X		X	X
Propuseram um modelo correto ou parcialmente correto, para o processo de aquecimento dos arames.	X	X	X	X	X

As categorias apresentadas na Tabela 3 indicam que os objetivos foram alcançados, pois em situações reais, os estudantes usaram os termos calor e temperatura adequadamente, como desenvolvidos na primeira aula, mostrando apropriação desses conceitos. Conseguiram propor modelos para o processo de transmissão de calor e entenderam que alguns materiais são melhores condutores de calor que outros.

Dessa forma percebe-se a potencialidade da experimentação como estratégia de ensino, “a de ajudar os alunos a aprender através do estabelecimento de inter-relações entre os saberes teóricos e práticos inerentes aos processos do conhecimento escolar em ciências (ZANON & SILVA, 2000, p.134). Também se percebe a importância do experimento na mudança de postura frente a essa estratégia “O experimento é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo...” (CARVALHO et al., 1999, p.42).

As discussões em grupo e as interações sociais entre os participantes das atividades mostram como a aprendizagem pode ocorrer de maneira coletiva, como apresentado por Libâneo (2009).

AULA 3 – Primeiros Experimentos (Parte II)

A aula 3 consistiu na realização de dois experimentos, com os estudantes divididos em grupos:

- a) na primeira parte, foi realizado o experimento sobre propagação de calor por convecção nos líquidos.
- b) na segunda parte, foi realizado o experimento sobre propagação de calor por convecção no ar.

O objetivo para essa aula foi:

Investigar os modelos que os estudantes apresentavam para os processos de propagação de calor por convecção.

Para alcançar esse objetivo, foi utilizada a metodologia de trabalhos em grupos e atividades experimentais investigativas, seguida de socialização e discussão dos resultados encontrados pelos grupos ao realizarem os experimentos, com um tempo previsto de 50 minutos.

Análise da Terceira Aula

Primeira parte: O experimento sobre propagação de calor nos líquidos consistiu de um vasilhame transparente com água e serragem, que era posto em contato com uma chama (FIGURA 2).

Figura 2 - Arranjo experimental utilizado para discussão do processo de propagação de calor por convecção nos líquidos.



As respostas às questões relacionadas ao desenvolvimento do experimento estão apresentadas nos quadros a seguir:

Quadro 7 - Respostas para a questão (a) Antes de iniciarem o experimento, o que vocês acham que acontecerá quando colocarmos o recipiente com água e serragem sobre a chama?

G1	A serragem vai descer.
G2	A serragem absorverá a água, sendo assim a densidade da serragem ficará maior e ela ficará no fundo do recipiente.
G3	Que a água iria borbulhar com a serragem.
G4	A serragem irá descer e a água ficará por cima.
G5	A serragem vai descer.

Deve-se observar que essa questão trata de uma previsão, assim os estudantes expuseram seus pontos de vista e não cabe avaliar se são corretos ou não. Mas, é possível notar que os grupos G1, G4 e G5 fizeram a mesma previsão de que a serragem iria para o fundo.

Deve-se destacar que nenhum dos grupos conseguiu prever o que de fato ocorreria.

Quadro 8 - Respostas para a questão (b) Colocando o recipiente sobre a chama, à medida que a água se aquece, o que você observa? Descreva em detalhes as suas observações.

G1	A serragem fica descendo e subindo e a coloração da água mudou.
G2	A serragem do fundo está subindo e a de cima está descendo, enquanto isso a água pega a cor da serragem.
G3	Enquanto a água estava em temperatura ambiente a serragem descia, a medida que a água foi esquentando a serragem foi para a superfície da água.
G4	A serragem agora flutuando no sistema, em outro momento, a serragem que afundou agora sobe.
G5	A serragem está subindo e descendo, a água está com a coloração da serragem.

Todos os grupos observaram que, a medida que a água aquecia ocorria um movimento de subida e descida da serragem, contrariando as expectativas iniciais. Observa-se também que G3 percebeu apenas que a serragem subia à medida que a água era aquecida, nada falando sobre circulação.

Quadro 9 - Respostas para a questão (c) Será que este fenômeno tem alguma coisa em comum com o fenômeno estudado na primeira experiência? Em caso afirmativo, descreva o que você considera que seja similar ao primeiro experimento.

G1	Sim, assim como no primeiro experimento houve transmissão de calor.
G2	Sim. No primeiro experimento, o calor era transmitido através dos metais para a parafina, fazendo com que ela derretesse. No segundo experimento, o calor era transmitido para a água na parte inferior do recipiente. Assim, a serragem que estava no fundo se aqueceu e subiu, quando chegava na parte superior entrava em contato com a água mais fria e descia, gerando um ciclo.
G3	Sim. Pois ambas tratam da propagação de calor.
G4	Sim, a água transporta calor assim como os metais do experimento anterior.
G5	Sim. Transmissão de calor da chama para a água.

Os grupos **G1**, **G3** e **G5** perceberam que o experimento tem em comum com o primeiro apenas a ocorrência da transmissão de calor. O grupo **G2** percebeu que o fluxo de calor ocorre através de materiais diferentes da primeira experiência e que a diferença de densidade é relevante para esse novo processo e que de alguma forma está relacionada com a diferença de temperatura em pontos distintos dentro do recipiente. O grupo **G4** pensou em termos de materiais conduzindo calor e observou que a água nesse experimento fez o papel dos metais no primeiro experimento.

Quadro 10 - Respostas para a questão (d) O que a chama fornece para a água? E o que isso tem a ver com as suas observações?

G1	A chama fornece calor à água, como o calor é energia em trânsito impediu que a serragem descesse.
G2	Calor. O calor gera o movimento da serragem.
G3	Calor. O calor aquece a água do fundo que tende a subir, e a água fria de cima tende a descer, isso vai se repetindo, gerando um ciclo.
G4	Calor. Conforme a água do fundo recebe calor, ela dilata, fazendo com que sua densidade diminua, a água mais quente (menos densa) troca de lugar com a fria (mais densa). Assim, ocorre um ciclo até todo o sistema atingir 100%.
G5	Energia na forma de calor. A absorção de energia faz a temperatura aumentar.

Analisando as respostas pode-se perceber que os cinco grupos compreenderam que o que flui é o calor. No entanto, quando comentam suas observações, percebe-se que os grupos **G3** e **G4** entendem a importância da diferença de densidade para explicar o fenômeno observado. O grupo **G1**, apesar de na questão (b) mostrada no quadro 7, ter explicitamente notado o movimento da serragem ao responder a questão (d), mostrada no quadro 9, afirma que o calor impede que a serragem desça. O grupo **G1** faz uma confusão ao fazer a descrição teórica do fenômeno não conseguindo uma conexão com o que foi observado na questão (b). O grupo **G2** associa o movimento com calor em

trânsito, mas nada dizem sobre a densidade. O grupo **G5** não tenta nenhuma explicação sobre suas observações. Só faz uma constatação, sem argumentar.

Quadro 11 - Respostas para a questão (e) Se colocarmos um termômetro neste líquido onde você acha que a indicação será maior? Próxima ao fundo ou na superfície da água?

G1	Inicialmente a indicação será maior no fundo, pois o fundo do béquer está em contato com a chama, após um tempo e entrará em equilíbrio e a indicação no fundo e na superfície será a mesma.
G2	Próxima ao fundo.
G3	Próximo ao fundo.
G4	A temperatura será maior no fundo, o lugar mais próximo à fonte de calor.
G5	Próxima ao fundo.

Todos os grupos sabem que a indicação será maior no fundo. No entanto, o grupo **G1**, chama a atenção para o fato de que depois de algum tempo se estabelecerá o equilíbrio térmico.

Quadro 12 - Respostas para a questão (f) O que este termômetro indicará?

G1	Indicará a temperatura da água.
G2	A temperatura elevada.
G3	Uma alta temperatura.
G4	O termômetro indicará uma temperatura muito alta para a água, próxima a 100%.
G5	Aumento de temperatura.

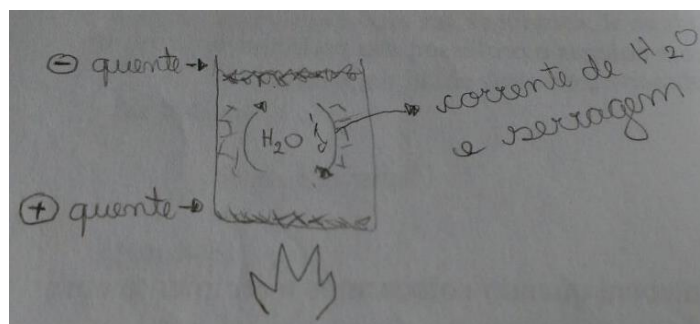
Todos os grupos mostraram compreender que termômetros medem temperatura. Por exemplo, quando o grupo **G4** afirma “próxima a 100%”, estão querendo indicar a temperatura máxima, característica desse fenômeno.

Quadro 13 - Respostas para a questão (g) Como se dá o processo de aquecimento deste líquido? Será que está ocorrendo transferência de matéria dentro dele? Tente construir um modelo para explicar este aquecimento.

G1	Através da transmissão de calor. Não. A chama vai transferir calor para a água.
G2	O fogo aquece a tela que aquece o recipiente e a água dentro dele. Sim. Dentro do líquido está ocorrendo transferência da serragem de cima para baixo devido a variação de temperatura.
G3	Com a troca de calor entre o fogo e a água. Não, está ocorrendo um movimento da água.
G4	A água próxima da fonte de calor se aquece, e troca de lugar com a água fria, por ser menos densa.
G5	A chama transfere energia para o fundo do recipiente esquentando a água, fazendo com que as partículas que estão no fundo subam até a superfície e as que estão lá irão descer para o fundo do recipiente e junto ao movimento da água, a serragem sobe e desce. Este processo é dado por convecção.

Analisando cada resposta, verificamos algumas dificuldades com relação ao transporte ou não de matéria. O grupo G1 não construiu um modelo, não percebeu que o fluxo de calor ocorre com transporte de matéria. O grupo G2 relatou a sequência correta da transmissão de calor, bem como a transferência de matéria, mas não pensou em diferença de densidade. O grupo G3 respondeu que não está ocorrendo um movimento da água, mas fizeram o desenho (FIGURA 3) abaixo explicando o modelo que elaboraram e nesse desenho fica evidente o fluxo de serragem e água, o que gera dificuldades de interpretação de como eles entenderam o fenômeno.

Figura 3- Desenho representando o modelo proposto pelo grupo G3



Os grupos G4 e G5 responderam baseando-se em transporte de matéria devido à diferença de densidades.

Deve-se ressaltar que os estudantes não consultaram nenhum material além do roteiro disponibilizado com as questões. As respostas foram fruto das discussões nos grupos.

A tabela 4 apresenta as categorias construídas a partir da análise desta atividade.

Tabela 4 - Categorias construídas a partir da análise das respostas dos grupos as questões associadas com o segundo experimento.

	G1	G2	G3	G4	G5
Não fizeram previsões iniciais adequadas	X	X	X	X	X
Perceberam que ocorre transporte de matéria		X		X	X
Mencionaram a importância da densidade para o processo de convecção		X	X	X	X
Não mostraram dúvidas entre os conceitos de calor e temperatura	X	X	X	X	X
Propuseram um modelo para o processo de convecção		X	X	X	X

Na tabela 4, com relação à primeira categoria, mostrada na segunda linha, os grupos de estudantes deram respostas, descritas no Quadro 6, a partir das quais se pode observar que eles não conseguiram prever as correntes de convecção. Deve-se ressaltar que esse processo de transmissão de calor, assim como o processo de condução, já havia sido trabalhado anteriormente nas aulas regulares.

Outra questão a ser considerada é que o grupo G1 não percebeu através do experimento a importância da densidade para o processo de convecção, pois em nenhum item respondido por eles, apareceram frases que pudessem indicar essa importância, como por exemplo, frases do tipo: água quente subir e água fria descer e nem o próprio termo densidade. As respostas dos estudantes não mostram evidências de que eles tenham percebido que ocorre transporte de matéria durante esse processo. Isso levou a que eles não conseguissem propor um modelo para o processo de convecção.

Já o grupo G3 fez a proposição de um ótimo modelo (FIGURA 2), mostrando o movimento da água e da serragem, mas ao mesmo tempo, respondeu que não ocorre transporte de matéria, mostrando que ainda estão confusos com relação ao entendimento do processo de convecção.

Segunda parte: O experimento sobre propagação de calor no ar consistiu de um catavento (ou espiral) de papel que era colocado acima de uma chama como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Arranjo experimental utilizado para discussão do processo de propagação de calor por convecção de gases.



As respostas às perguntas relacionadas com o desenvolvimento do experimento são apresentadas a seguir:

Quadro 14 - Respostas para a questão (a) O que você observa? Descreva.

G1	O cata-vento e o papel em forma de espiral perto da chama começaram a girar.
G2	Podemos observar que o cata-vento, quando colocado acima da chama, gira, assim como a espiral de papel.
G3	Os objetos giram em movimento circular.
G4	O cata-vento e o espiral se movimentam.
G5	O cata-vento e o espiral se movimentam.

Todos os grupos observaram e descreveram o movimento do catavento e da espiral quando colocados acima da chama da vela.

Quadro 15 - Respostas para a questão (b) Será que ocorreu transferência de matéria para que o catavento se movimentasse?

G1	Sim, o calor está em movimento, o ar quente sobe e o frio desce.
G2	Sim. O fogo aquece o ar que sobe e movimenta o cata-vento e a espiral.
G3	Sim. O ar quente sobe provocando o movimento dos objetos.
G4	Sim. O ar quente subiu.
G5	Ocorreu transferência de matéria, o ar quente subiu.

Todos os grupos entenderam que ocorre transporte de matéria, nesse caso o ar, de forma que o ar quente sobe o ar frio desce. No entanto, o grupo G1 aparentemente ainda confunde o movimento do ar com o movimento do calor.

Quadro 16 - Respostas para a questão (c) Você conhece algum processo de aquecimento parecido com esse no seu dia a dia?

G1	Balão de ar quente.
G2	Sim. O vento.
G3	Aquecedor. Faz com que o ar quente liberado suba e o ar frio desça.
G4	Balão de ar quente, vento.
G5	Balão de ar quente, quando aquece o ar ele decola.

Todos os grupos relacionaram de forma adequada o experimento com um exemplo do cotidiano.

Quadro 17 - Respostas para a questão (d) Este fenômeno é parecido com algum dos fenômenos vistos nas aulas anteriores? Em caso afirmativo, em que eles são parecidos?

G1	Sim, pois o calor está em trânsito e em nenhum dos dois precisou estar em contato direto com a chama para esquentar.
G2	Sim. Em ambas ocorre transferência de calor.
G3	Sim. Da água com serragem, o aquecimento do meio resulta em um ciclo em ambos.
G4	Sim, nos dois há transferência de calor, porém em 1 não há transferência de matéria.
G5	Sim, na transmissão de energia.

Na análise das respostas percebe-se que os grupos **G2** e **G5** notaram como similar somente o fato de ter ocorrido transmissão de calor. O grupo **G1** associou que no experimento da aula 1 havia necessidade de contato dos corpos com a fonte de calor e nos experimentos da aula 3 não havia essa necessidade. O grupo **G3** respondeu como se a comparação fosse com o roteiro 2 da aula 3 e não com o roteiro 1 da aula 1. As comparações feitas dessa forma estavam corretas, mas a pergunta era outra, e nesse caso concorda-se com o fato de que essa pergunta precisa ser mais bem formulada. O grupo **G4** percebeu que no experimento do roteiro 1 não ocorreu transferência de matéria e que no experimento do roteiro 3 ocorreu.

Quadro 18 - Respostas para a questão (e) Como foi formado o “vento”?

G1	O calor é energia, que gera movimento.
G2	O fogo aqueceu o ar que estava próximo a ele. Assim, o ar quente tende a subir e isso gera um fluxo de ar.
G3	Pela subida do ar quente, devido ao seu aquecimento, gerando uma corrente de ar quente.
G4	O calor moveu o ar, criando o vento.
G5	A chama esquentou o ar que subiu, pela menor densidade, ocorrendo a transferência de matéria, gerando a corrente de vento para cima.

Nota-se pelas respostas, que os grupos G1 e G4, relacionaram o calor com a geração de movimento, sem conectar com a variação de densidade do ar. Os grupos G2 e G3, apesar de não usarem o termo densidade explicaram o fenômeno baseando-se em movimento de ar quente e ar frio. O grupo G5, respondeu baseando-se no movimento das massas de ar com base em diferenças de densidades.

Quadro 19 - Respostas para a questão (f) Será que os ventos que percebemos no nosso dia a dia são formados desta maneira?

G1	Sim, o sol com seus raios, fornece calor ao ar atmosférico, fazendo com que este se movimente.
G2	Sim. O sol esquenta o ar e isso provoca uma variação na temperatura de algumas porções de ar. Assim, como o ar quente tende a subir e o ar frio tende a descer, ocorre a “troca de lugar” em grande escala do ar frio com o ar quente. Isso gera os fluxos de ar que chamamos de vento.
G3	Sim, caso contrário, não haveria circulação de ar, conseqüentemente não haveria vento.
G4	Sim.
G5	Sim, o movimento de ar de acordo com a temperatura gera os ventos, o quente sobe e o frio desce.

Todos os grupos, com exceção do G4, relacionaram corretamente o experimento com a formação de ventos, percebendo a importância da diferença de temperatura para que ocorra transferência de calor por convecção no ar.

Deve-se ressaltar novamente que os estudantes não consultaram nenhum material, além do roteiro da atividade.

A Tabela 5 apresenta a categorização elaborada a partir da análise realizada para a aula 3. É possível perceber que os grupos conseguiram compreender o processo de convecção no ar de forma satisfatória, o que fica evidenciado pelo tipo de respostas elaboradas por eles.

Tabela 5 - Categorias construídas a partir da análise das respostas dos grupos as questões associadas com o terceiro experimento.

	G1	G2	G3	G4	G5
Perceberam que ocorre transporte de matéria	X	X	X	X	X
Mencionaram a importância da densidade no processo de convecção	X	X	X	X	X
Não mostraram dúvidas entre os conceitos de calor e temperatura	X	X	X	X	X
Relacionaram corretamente o experimento com algum evento do cotidiano	X	X	X	X	X

Mediante as categorias apresentadas nas tabelas 4 e 5 percebe-se que o objetivo desta aula foi alcançado, já que os estudantes, com exceção dos pertencentes ao grupo G1, conseguiram propor modelos descrevendo o processo de transmissão de calor por convecção.

Observou-se também que a estratégia de trabalhos em grupos usando a teoria histórico-cultural como aporte teórico, bem como o uso de experimentos, promoveu a socialização dos estudantes, com trocas de informações, discussões, valorização dos conhecimentos trazidos previamente pelos estudantes, bem como a melhor interação com os materiais educacionais, mediados pelo professor.

AULA 4 – Primeiros Experimentos (Parte III)

A aula 4 consistiu na finalização das atividades experimentais sobre propagação de calor, com a realização de uma atividade envolvendo propagação de calor por radiação e com a realização de uma discussão inicial sobre efeito estufa, potencializada pela exibição de um vídeo.

- i) na primeira parte foram realizados, com os estudantes divididos em grupos, os experimentos sobre propagação de calor por radiação;
- ii) na segunda parte foi exibido um vídeo, seguido da leitura de um texto de divulgação científica abordando o efeito estufa.

Os objetivos do professor para essa aula foram os seguintes:

- a) Investigar os modelos que os estudantes apresentavam para os processos de propagação de calor por radiação.
- b) Discutir com os estudantes o efeito estufa, interpretando-o a partir dos processos de propagação de calor.

Para alcançar esses objetivos, foi utilizada a metodologia de trabalhos em grupos e atividades experimentais investigativas, seguida de socialização e discussão dos resultados encontrados pelos grupos ao realizarem os experimentos. Para problematizar a discussão sobre o efeito estufa utilizou-se a exibição de um vídeo, seguida da leitura e discussão de um texto de divulgação científica, com um tempo previsto de 50 minutos.

Análise da Quarta Aula

Primeira parte: O experimento sobre propagação de calor por radiação consistiu de quatro latas de refrigerante, cada uma com uma pintura externa diferente: preta, azul, amarela e branca e uma lâmpada incandescente de 60 W. A lâmpada era colocada acesa entre as latas, igualmente distante de cada uma delas (elas foram organizadas em um círculo). A partir desse momento cada integrante do grupo deveria marcar, nos seus registros, qual era a temperatura

indicada no seu termômetro, que deveria estar posicionado dentro de cada uma das latas.

Figura 5 - Arranjo experimental utilizado para discussão do processo de propagação de calor por radiação



Os quadros 19 a 24 apresentam as respostas dos grupos a cada uma das questões associadas com o experimento de propagação de calor por radiação.

Quadro 20 - Respostas para a questão (a) A partir desse momento aguarde 5 minutos e faça a nova leitura.

	G1	G2	G3	G4	G5
Azul	26°C para 30°C	33°C para 33°C	$\Theta_0=30^\circ\text{C}$ $\Theta=34^\circ\text{C}$	Todos os termômetros estão em 30°C.	30°C para 34°C
Branca	29°C para 33°C	29°C para 33°C	$\Theta_0=26^\circ\text{C}$ $\Theta=29^\circ\text{C}$		33°C
Preta	30°C para 38°C	29°C para 36°C	$\Theta_0=30^\circ\text{C}$ $\Theta=36,5^\circ\text{C}$		33°C para 38°C
Amarela	30°C para 32°C	32°C	$\Theta_0=29,5^\circ\text{C}$ $\Theta=33^\circ\text{C}$		31°C para 33°C

Quadro 21 - Respostas para a questão (b) Houve aumento da indicação no termômetro? O que representa essa indicação?

G1	Sim, representa que a temperatura aumentou, pois houve transferência de calor da lâmpada para a lata.
G2	Sim. Indica a transferência de calor da lâmpada para a latinha.
G3	Sim. O calor da lâmpada foi transferido para as latinhas.
G4	Sim. A lata branca ficou em 30°C, a amarela em 32°C, a azul ficou 33°C e a preta em 37°C.
G5	Sim, que a temperatura aumentou.

Quadro 22 - Respostas para a questão (c) O que foi transmitido à lata para que a indicação do termômetro se modificasse?

G1	Calor
G2	O calor foi transmitido.
G3	Calor.
G4	O calor originado pela luz.
G5	Energia. Por ondas de radiação e fez com que as latas absorvessem.

Quadro 23 - Respostas para a questão (d) Você conhece algum processo de aquecimento parecido com esse no seu dia a dia?

G1	Aquecedor solar.
G2	Forno elétrico.
G3	Usando diferentes cores de roupas expostas ao sol.
G4	Sim. O sistema de uso da luz solar. Painéis solares, estufas.
G5	O Sol.

Quadro 24 - Respostas para a questão (e) Será que ocorreu transferência de matéria para que as latas se aquecessem?

G1	Não.
G2	Não, somente calor.
G3	Não, apenas energia.
G4	Não.
G5	Não. Aqueceu pela radiação que a lâmpada emitiu.

Quadro 25 - Respostas para a questão (f) A indicação dos termômetros é a mesma? Se não, explique porque isso acontece.

G1	Não, pois a cor das latas influencia, preta não reflete e esquenta mais, branco reflete todas e as demais absorvem todas as cores e reflete apenas ela mesma.
G2	Não. Pois, devido à diferença de cores, algumas latas absorvem mais calor que outras, pois, algumas latas refletem mais o calor que outras.
G3	Não. A preta aquece mais pois absorve todas as cores, ao contrário do branco que reflete todas, e portanto, é o que menos aquece. O azul absorve todas e reflete o azul, o mesmo acontece com o amarelo, estes portanto aquecem de forma intermediária.
G4	Não, cada cor absorve uma quantidade de energia diferente.
G5	Não, a preta absorveu mais radiação e depois o azul, a amarela e a branca. Isso ocorreu, pois a cor preta tem maior absorção de luz e a radiação.

Apesar do grupo G4 não ter apresentado as temperaturas pedidas na questão (a), mostradas no quadro 19, pode-se perceber, a partir da observação dos quadros 20 ao 25, que as respostas dos grupos foram adequadas ao que se perguntava no roteiro, mostrando assim que o experimento atingiu satisfatoriamente seus objetivos. Os estudantes gostaram de ser responsáveis pela leitura dos termômetros e ficaram satisfeitos ao perceber que o que achavam que iria acontecer, aconteceu de fato, ou seja, eles usaram o experimento para comprovar o que previam. Para esses estudantes que não tem o costume de trabalhar com atividades experimentais, foi possível perceber o quanto eles ficaram satisfeitos, tanto com os resultados por eles alcançados

como pela responsabilidade que tiveram que ter. Realmente se sentiram importantes para a realização desse experimento.

Tabela 6 - Categorias construídas a partir da análise das respostas dos grupos as questões associadas com o quarto experimento.

	G1	G2	G3	G4	G5
Perceberam que não ocorre transporte de matéria.	X	X	X	X	X
Relacionaram o experimento com o cotidiano.	X	X	X	X	X
Relacionaram a temperatura com a cor.	X	X	X	X	X

Foi possível perceber que os estudantes participaram ativamente dessa atividade experimental, e de acordo com as respostas conclui-se que o objetivo referente a verificação dos modelos que os estudantes apresentavam para o processo de propagação de calor por radiação foi alcançado. Os grupos foram bastante colaborativos nas tarefas e as interações sociais aconteceram todo o tempo de forma a promover o crescimento dos integrantes.

Segunda Parte: Os estudantes assistiram a um vídeo sobre efeito estufa, identificado no quadro 25.

Quadro 26 - Ficha técnica do vídeo usado para discutir o efeito estufa.

Ficha técnica do vídeo

<https://www.youtube.com/channel/UCAgrj2RiWWwJx4vwNCrQC2A>

Enviado em 30 de setembro de 2009.

Nessa videoaula são discutidos o efeito estufa, as mudanças climáticas e o aquecimento global.

Desenvolvido pela Mamute Mídia.

Categoria: Ciência e tecnologia

Licença: Licença padrão do youtube.

Visto em 25/09/2015.

A exibição do vídeo logo após a finalização das atividades experimentais tinha como objetivo relacionar os processos de transmissão de calor com o efeito estufa. No entanto, devido a euforia causada pela realização dos experimentos, o vídeo não recebeu a atenção devida por parte dos estudantes. No entanto, eles se comprometeram em assisti-lo em casa para discussões posteriores.

Logo depois da exibição do vídeo que abordava o efeito estufa, os estudantes receberam as primeiras tarefas para casa, relativas às atividades experimentais desenvolvidas sobre os processos de transmissão de calor. Essas tarefas continham perguntas teóricas sobre esses processos, afim de verificar como ocorreu a aprendizagem de forma individual. As atividades também continham textos para que os estudantes recebessem informações adicionais a respeito de fenômenos como efeito estufa, brisa marítima e brisa terrestre, formação de ventos, ilhas de calor, aquecimento global, inversão térmica e poluição ambiental. A análise dessas tarefas de casa será apresentada posteriormente.

Tarefas para Casa

A seguir serão descritas as tarefas de casa correspondentes às aulas 2, 3 e 4 bem como serão apresentados os resultados das respostas dos estudantes, com as respectivas análises.

Estas tarefas consistiram de um questionário com sete questões conceituais, tanto na primeira como na segunda parte. A primeira parte se refere às aulas 2 e 3, sobre os processos de transmissão de calor por condução e convecção. A segunda parte se refere à quarta aula que trata do processo de transmissão de calor por radiação, mas foram feitas também perguntas sobre os outros processos de transmissão de calor.

Além das questões, essas tarefas apresentavam pequenos textos inseridos ao longo do material, com o objetivo de ampliar o conhecimento dos estudantes em relação aos temas tratados (processos de transmissão de calor) e também oportunizar a criação de hábitos de leitura.

As respostas individuais dos estudantes às sete questões de cada parte das tarefas estão organizadas nos quadros a seguir. Apesar da tarefa ser individual, as respostas foram agregadas em quadros representando os grupos nos quais as atividades experimentais foram desenvolvidas.

Primeira Parte:

Questão (01): Por que, quando colocamos a mão numa maçaneta metálica de uma porta ela parece mais fria que a porta de madeira?

Quadro 27 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Pois a maçaneta não armazena calor. O calor que é absorvido é repellido (refletido).
G1B	Pois o nosso corpo tem uma temperatura mais semelhante ao metal.
G1G	Poque o calor do nosso corpo é transferido rapidamente para a porta, através da maçaneta de metal.
G1T	O material influencia nas trocas de calor. O metal (da maçaneta) possui maior dificuldade em relação à madeira da porta para “receber” o calor, então quando encostamos na maçaneta há uma transmissão de calor entre a mão e o metal que a compõe, com uma pequena dificuldade, fazendo com que pareça mais fria.

As respostas dos estudantes G1A e G1B estão mal formuladas, não mostrando apropriação dos conceitos de calor e dos processos de propagação. A resposta do estudante G1G mostra apropriação dos conceitos de calor e de seus mecanismos de propagação por condução, bem como da importância dos materiais para esse processo. O estudante G1T associou corretamente que o material tem influência nas trocas de calor, porém acha que bom ou mau

condutor tem relação com facilidade ou dificuldade de receber calor e não de propagá-lo.

Quadro 28 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Pois ela é melhor condutora de calor que a porta de madeira, assim nossa mão perde mais calor para a maçaneta do que para a porta.
G2J	A maçaneta metálica é um ótimo condutor de calor, então ela pode esquentar ou esfriar mais rápido que a madeira que é um isolante térmico. Assim quando tocamos na maçaneta, o calor trocado é maior do que quando tocamos na madeira.
G2M	Pois com a temperatura do nosso corpo, temos a sensação que o metal é mais frio que a madeira.

Os estudantes G2G e G2J entenderam como ocorreu a transferência de calor por condução e a importância do material nessa troca, usando todos os termos corretamente. Já o estudante G2M, deve estar pensando que a sensação se deve à diferença entre a temperatura do corpo e os outros materiais, porém não mencionou a importância desses materiais nas trocas de calor.

Quadro 29 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Pois seu calor específico é menor que o da porta, quando encostamos a mão (temperatura corporal, maior que a ambiente) na maçaneta que é mais fria em relação a porta, dá uma impressão que ela é mais fria.
G3L	Pois troca calor com nossa mão mais rapidamente e ao perdermos calor temos a sensação de frio.
G3M	A troca de calor com o metal é mais rápida do que com a madeira, assim, perdemos calor mais rapidamente para o metal.
G3O	Pois seu calor específico é menor que o da porta, ou seja, ela cede ou recebe calor mais facilmente que a porta, e como a nossa mão está na temperatura corporal, ou seja, maior que a ambiente, e como ambas estão na mesma temperatura a sensação é de que a maçaneta é mais fria em relação à porta, porém ela ganha calor com mais facilidade, dando-nos a falsa ilusão que ela está mais fria.

Os estudantes desse grupo mostraram apropriação dos conceitos de calor e dos seus mecanismos de propagação por condução, bem como da importância dos materiais nessa propagação. Porém, os estudantes G3C e G3O deram destaque para o termo calor específico e não para a condutividade térmica dos materiais. Nas aulas regulares já haviam estudado calorimetria e talvez por isso usaram o termo calor específico.

Quadro 30 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Porque o calor do nosso corpo é mais próximo da temperatura da porta de madeira. Assim, a maçaneta metálica parece ser mais fria.
G4JV	Não fez.
G4J	Porque o calor do nosso corpo é transferido rapidamente para a porta, através da maçaneta de metal.
G4R	Porque o calor do nosso corpo é transferido rapidamente para a porta, através da maçaneta de metal.

A apropriação que o estudante G4A apresenta está mais próxima do senso comum, não mostrando explicitamente uma apropriação dos conceitos de calor e sua propagação por condução. Os estudantes G4J e G4R mostraram apropriação dos conceitos de calor e de sua propagação por condução, bem como da importância dos materiais na transmissão do calor, mas não deixaram claro se a troca será entre a mão e a maçaneta ou entre a mão e a porta.

Quadro 31 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Porque ela absorve menos calor que a madeira.
G5G	Pois quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, o corpo mais quente se resfria e o mais frio se esquentam. Desse modo, ainda que a maçaneta de metal e a porta apresentasse, inicialmente, temperaturas distintas, elas após o contato trocam energia térmica até atingir o equilíbrio.
G5L	Porque os metais são ótimos condutores de calor diferentemente da madeira. Quando colocamos a mão na maçaneta, o metal absorve rapidamente o calor da mão, dando a sensação de frio e no caso da madeira esse processo acontece de forma mais lenta.

O estudante G5L mostra apropriação dos conceitos de calor e sua propagação por condução, bem como da importância dos materiais nessa propagação, entendendo como ocorreu a transferência de calor e a importância do material nessas trocas de calor, usando todos os termos corretamente. O estudante G5E inverteu a explicação, considerando que a maçaneta de metal é má condutora e a madeira boa condutora de calor. O estudante G5G não percebeu que a temperatura inicialmente é a mesma, explicou o fenômeno dizendo que a sensação se deve à diferença entre a temperatura do corpo e os outros materiais, porém não mencionou a importância desses materiais nas trocas de calor.

A Tabela 7 apresenta uma categorização para as respostas apresentadas nos quadros 26, 27, 28, 29 e 30.

Tabela 7 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 01, primeira parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Não apresentam apropriação dos conceitos de calor e temperatura.	G1A e G1B	G2M		G4A	
Não apresentam apropriação dos mecanismos de transmissão de calor por condução.	G1A, G1B e G1T	G2M		G4A	G5G
Não compreendem a importância dos materiais na transmissão de calor por condução.	G1A e G1B			G4A	G5G
Compreenderam os conceitos de calor e temperatura, com apropriação dos mecanismos de propagação de calor por condução e entendendo a importância dos materiais para essa propagação.	G1G	G2G e G2J	G3C, GEL, G3M e G3O	G4J e G4R	G5L
Não respondeu a questão.		G2E		G4JV	

Dos 19 estudantes, 10 deles se apropriaram dos conceitos de calor e temperatura, bem como dos mecanismos de propagação de calor, entendendo a importância dos materiais para esse processo. Além disso, apenas 4 estudantes ainda mostram dificuldades em discutir os conceitos de calor e temperatura. Quanto aos mecanismos de transmissão de calor, ainda temos 4 estudantes com algumas dificuldades com essa apropriação, sendo que quase todos eles são aqueles que também tem dificuldades com os conceitos de calor e temperatura.

Comparando estes resultados com aqueles apresentados na Tabela 2 pode-se perceber um crescimento na compreensão dos estudantes com relação aos conceitos associados com a propagação de calor, mostrando também uma melhora na forma com que eles argumentam as suas explicações. As estratégias usadas até aqui, nos mostram que o uso de textos de divulgação científica, associados ao uso de experimentos e trabalhos em grupos, com o aporte da teoria histórico-cultural, traz resultados interessantes, fazendo com que a aprendizagem ocorra de maneira conjunta, onde um estudante mais capaz pode auxiliar aquele

que tem algum tipo de dificuldade, motivando a construção do conhecimento de forma social.

Estudantes que não eram muito comprometidos com a forma tradicional das aulas de Física se mostram motivados com o uso dessas estratégias, pois o ato de fazerem as atividades, sem que essas valham qualquer ponto extra para a disciplina, já aponta uma mudança de postura. Ao analisar essas tarefas percebe-se também que o uso de experimentos com um roteiro que estimule a discussão, favorece sobremaneira o sucesso desse tipo de atividade. Também deve-se ressaltar que a medida que o professor se apropria da teoria de aprendizagem subjacente ao trabalho, ele se sente mais seguro na mediação das atividades, e nesse ponto destaca a dificuldade inicial em dirigir essas atividades, tendo que mudar muito, em relação ao modo como encaminhava as aulas no curso regular. O aprendizado está sendo de todos, professor e estudantes.

Questão (02). Um grupo de amigos compra barras de gelo para um churrasco, num dia de calor. Como as barras chegam com algumas horas de antecedência, alguém sugere que sejam envolvidas num grosso cobertor para evitar que derretam demais. O que vocês acham dessa sugestão? Explique

Quadro 32 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Não está correto. O gelo vai derreter pois o cobertor impede que o calor saia.
G1B	Errado, pois o cobertor vai prender mais o calor, fazendo o gelo derreter.
G1G	Errada. Pois as barras de gelo irão derreter quase que instantaneamente, pois o calor transferido do cobertor para as barras de gelo.
G1T	É uma boa sugestão, pois o cobertor evitará que o gelo “perca calor” para o ambiente e derreta (funciona como um isolante térmico).

As respostas dos estudantes G1A, G1B e G1G estão equivocadas, não mostrando apropriação dos conceitos de calor e sua propagação por convecção.

Os estudantes G1A e G1B entenderam que o cobertor é um isolante térmico, mas não demonstraram compreender como ocorre o fluxo de calor na situação descrita. O estudante G1G não reconheceu que o cobertor é um isolante térmico e ainda acha que ele é uma fonte de calor. Já o estudante G1T se apropriou dos conceitos relacionados ao fluxo de calor por convecção e entendeu o comportamento isolante do cobertor.

Quadro 33 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Acho que o cobertor irá impedir o contato do gelo com o ar e fará com que o gelo se conserve em sua forma sólida por mais tempo, pois ele não ganhará calor do ambiente.
G2J	Uma ótima sugestão, pois o cobertor servirá de isolante térmico evitando a perda de calor para o ambiente.
G2M	Errada, pois o cobertor irá prender o calor nas barras, fazendo com que elas derretam mais rápido.

Os estudantes G2G e G2J mostraram apropriação dos conceitos de calor e sua propagação por convecção, bem como reconheceram o papel isolante do cobertor, no entanto o estudante G2J não conseguiu descrever corretamente o fluxo de calor. O estudante G2M entendeu que o cobertor é um isolante térmico, mas se equivocou ao descrever o fluxo de calor.

Quadro 34 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Uma boa ideia, o cobertor é como um isolante térmico, ele impede que ocorra troca de calor de ambiente interno e externo, conservando a temperatura.
G3L	Plausível. Pois irá evitar troca de calor com o ambiente.
G3M	Uma boa sugestão. O cobertor dificultaria a troca de calor do gelo com o meio.
G3O	Uma boa sugestão. Pois como o cobertor atua como um isolante térmico, ele não permite que haja troca do seu ambiente interno (frio e seco) como externo (quente e úmido), conservando a temperatura interna. Caso o cobertor for mais claro (ex: branco), o tempo da conservação da temperatura interna será maior ainda.

Todos os estudantes desse grupo mostraram apropriação dos conceitos de calor e sua propagação por convecção, bem como reconheceram o papel isolante do cobertor. O estudante G3O ainda sugeriu que o cobertor fosse branco.

Quadro 35 – Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Errada. Pois o calor transferido do cobertor para as barras será grande e as barras irão derreter muito rápido.
G4JV	Não fez.
G4J	Errada. Pois as barras de gelo irão derreter quase que instantaneamente, pois o calor transferido do cobertor para as barras é muito.
G4R	Errada. Pois as barras de gelo irão derreter quase que instantaneamente, pois o calor transferido do cobertor para a barra é muito.

As respostas dos estudantes G4A, G4J e G4R estão equivocadas, não demonstrando apropriação dos conceitos de calor e dos mecanismos de propagação por convecção, não reconhecendo o papel isolante do cobertor, identificado por eles como uma fonte de calor.

Quadro 36 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Ruim, porque a temperatura dentro do cobertor iria aumentar e transformar gelo em água.
G5G	Boa. Pois evita troca de calor do gelo com a superfície.
G5L	Uma boa sugestão. Pois o cobertor é um péssimo condutor de calor e por isso é um ótimo isolante térmico. Desse modo as barras de gelo absorveram pouca energia do meio fazendo com que seu derretimento aconteça de forma lenta.

A resposta do estudante G5E está equivocada, não demonstrando apropriação dos conceitos de calor e sua propagação por convecção. Também não reconheceu o papel isolante do cobertor, achando que ele é uma fonte de calor. O estudante G5G mostrou ter se apropriado dos conceitos relacionados ao fluxo de calor por convecção, entendendo o comportamento isolante do cobertor. Já o estudante G5L demonstrou apropriação dos conceitos de calor e sua propagação por convecção, bem como reconheceu o papel isolante do cobertor.

A Tabela 8 apresenta uma categorização para as respostas apresentadas nos quadros 31, 32, 33, 34 e 35 para as respostas à questão 2.

Tabela 8 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 02, primeira parte, individual.

(Continua)

	G1	G2	G3	G4	G5
Não apresentam apropriação dos conceitos de calor e temperatura.	G1A, G1B e G1G	G2M		G4A, G4J e G4R	G5E
Não apresentam apropriação dos processos de transmissão de calor por convecção.	G1A, G1B e G1G	G2M		G4A, G4J e G4R	G5E
Não compreendem a importância dos materiais na transmissão de calor.	G1G			G4A, G4J e G4R	G5E

Tabela 8 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 02, primeira parte, individual.

	(Conclusão)				
	G1	G2	G3	G4	G5
Compreenderam os conceitos de calor e temperatura, com apropriação dos mecanismos de transmissão de calor por convecção e entendendo o papel dos materiais neste processo.	G1T	G2G e G2J	G3C, G3L, G3M e G3O		G5G e G5L
Não fez.		G2E		G4JV	

Como essas tarefas foram individuais e ainda não haviam sido corrigidas percebe-se certa oscilação com relação às respostas dos estudantes e percebe-se também que alguns estudantes e normalmente os mesmos, ainda não se apropriaram dos conceitos de calor e temperatura. Esses estudantes tiveram dificuldades em reconhecer o cobertor como isolante. Percebe-se também que em situações cotidianas os estudantes não utilizam cobertores para manter objetos em temperaturas baixas, sendo assim é razoável entender o conflito que tiveram ao responder as questões sobre o cobertor. Esse tipo de conflito pode gerar outras análises equivocadas. Os estudantes que ainda não conseguiram as apropriações, em destaque na categoria acima, foram ativos nas atividades em grupos, mas construir conhecimento de forma individual é um processo mais complexo e requer um pouco mais de tempo.

Questão (03). Ao cozinhar um alimento que precisa ser mexido por muito tempo, geralmente se utiliza uma colher de pau. Para se fazer churrasco, geralmente a carne é atravessada por um espeto de metal. Justifique a diferença dos materiais escolhidos.

Quadro 37 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Com o metal há maior transmissão de calor, que ajuda no cozimento do alimento. Na madeira há menor transmissão de calor então usada para manusear o alimento quente.
G1B	O metal absorve mais calor, ajudando a cozinhar a carne mais rápido, e a colher de pau recebe menos calor, evitando queimar a mão.
G1G	A colher de pau é utilizada pois ela vai ficar recebendo calor constantemente da água que está fervendo. Como a madeira não transporta calor, quando pegarmos na colher, não queimaremos. Já o espeto de metal é uma boa escolha para o churrasco, pois ele transportará rapidamente o calor da chama para a carne.
G1T	Ao cozinhar um alimento, o calor irá aquecer a colher, mas não é isso o que queremos e sim, preparar a comida, então utiliza-se a colher de madeira, pois ela tende a receber menos calor que a panela, a qual esquentará e cozinhará o alimento. Já no churrasco, queremos preparar a carne que está no espeto de metal, o qual esquentará muito, auxiliando no processo de preparo dessa.

As respostas de cada estudante do grupo foram mais satisfatórias em relação às outras duas questões anteriores. Todos eles responderam corretamente entendendo o papel isolante da colher de madeira e o papel condutor do espeto de metal. No entanto, os estudantes G1B e G1T acham que o isolante recebe menos calor ao invés de dificultar a propagação de calor por condução. Já o estudante G1G acha que a madeira não propaga calor por condução.

Quadro 38 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	A colher de pau não é um bom condutor de calor. Assim, ela é usada em panelas para que não queimemos nossas mãos. Já no churrasco é utilizado o metal para conduzir o calor melhor e assar a carne.
G2J	Para não queimar a mão deve ser utilizada uma colher de madeira, a madeira não é uma boa condutora de calor. O espeto de metal é um bom condutor de calor, assim a carne que está no espeto assará mais rápido.
G2M	Pois a colher de metal absorve mais calor e a de madeira não, evitando queimaduras. E o metal absorve mais calor ajudando a cozinhar a carne mais rápido.

Os estudantes G2G, G2J e G2M mostraram reconhecer o papel isolante da colher de madeira e o papel condutor do metal, no entanto o estudante G2M fala em absorção de calor e não no processo de condução.

Quadro 39 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Utiliza-se a colher de madeira pelo fato dela não esquentar, e para ela não “pegar” o calor do alimento. Já no churrasco é o contrário, é mais vantajoso usar um material que receba o calor facilmente, pois na hora que perfura a carne, o garfo está quente, diminuindo o tempo para assar a carne.
G3L	A madeira esquentava lentamente, evitando queimar nossa mão ou o alimento. O metal esquentava rápido e contribuiu para a carne assar.
G3M	A colher de madeira é usada para mexer alimentos ao fogo porque a madeira esquentava mais devagar que os metais, impedindo que nós nos queimemos ao mexer uma panela, no churrasco deve-se fazer o inverso já que o objetivo é queimar a carne.
G3O	Pois o alimento requer ser mexido por muito tempo, requer uma elevada temperatura, para que a ponta da colher não esquente e que ela não “roube” calor do alimento, utiliza-se a de madeira. Já a carne é justamente ao contrário, se o espeto passar por dentro da carne com uma temperatura alta, o tempo para assar a carne será menor, portanto um material que for mais fácil de receber calor será mais vantajoso.

Todos os estudantes mostraram reconhecer o papel isolante da colher de madeira e o papel condutor do metal. No entanto, o estudante G3C usou termos de forma equivocada, como por exemplo: “(...) a colher de madeira pelo fato dela não esquentar e “pegar o calor” do alimento”, ou ainda “É vantajoso usar o metal, pois ele recebe calor mais facilmente (...)”, mostrando que ele entende que o condutor recebe mais calor ao invés de facilitar a propagação de calor por condução.

Quadro 40 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	A colher de madeira não irá receber o calor com tanta facilidade como o de metal, assim, evitando queimar a mão. O espeto de metal transportará rapidamente o calor da chama para a carne.
G4JV	Não fez.
G4J	A colher de pau é utilizada pois ela vai ficar recebendo calor constantemente da água que está fervendo, como a madeira não transporta calor, quando pegarmos na colher, não queimaremos. Já o espeto de metal é uma boa escolha para o churrasco pois ele transportará rapidamente o calor da chama para a carne.
G4R	A colher de pau é utilizada, pois ela vai ficar recebendo calor constantemente, da água que está fervendo, como a madeira não transporta calor, quando pegamos na colher, não queimaremos. Já o espeto de metal é uma boa escolha para o churrasco, pois ele transportará rapidamente o calor da chama para a carne.

As respostas dos estudantes G4A, G4J e G4R demonstram que eles entenderam como ocorre a propagação de calor por condução, mas ainda misturam os termos receber calor e transportar calor, descrevendo de maneira equivocada que o mau condutor recebe menos calor. Os estudantes G4J e G4R acham que a madeira não propaga calor.

Quadro 41 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	A madeira não transfere calor como o metal, então é seguro segurá-la em ambientes quentes.
G5G	Colher de pau não absorve calor com facilidade, sendo facilmente utilizada pois não esquenta. Já o metal do espeto é uma boa opção pois ele absorve calor facilmente, acelerando o processo de cozimento da carne.
G5L	Quando se mexe um alimento por muito tempo no fogão o calor é conduzido do alimento para a colher e da colher para as mãos do cozinheiro. Neste processo as mãos do cozinheiro vão se queimar, portanto para que isso não ocorra a colher deve ser feita de madeira, deste modo a madeira vai atuar como um isolante térmico impedindo a transferência de calor para as mãos do cozinheiro. A diferença entre os metais e a madeira é que no caso dos metais são bons condutores de calor e a madeira péssima condutora.

Os estudantes G5E e G5L responderam corretamente entendendo o papel isolante da colher de madeira e o papel condutor do metal, porém o estudante G5E baseou suas explicações apenas em relação à colher de madeira. Já o estudante G5G respondeu em termos de absorção de calor e não em termos da propagação de calor por condução.

A Tabela 9 apresenta uma categorização para as respostas dadas à questão 3, baseada nos quadros 36, 37, 38, 39 e 40.

Tabela 9 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 03, primeira parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Não apresentaram apropriação dos conceitos de calor e temperatura.	G1B e G1T		G3C	G4A,G4 J e G4R	
Não apresentaram apropriação do processo de transmissão de calor por condução.					G5G
Não compreenderam a importância dos materiais na transmissão de calor.	G1G				
Compreenderam o processo de propagação de calor por condução, evidenciando a importância dos materiais neste processo.	G1A	G2E, G2G, G2J e G2M	G3L, G3M e G3O		G5E e G5L
Não fez.		G2E		G4JV	

A observação da Tabela 9 mostra o quanto os estudantes reconhecem melhor a importância dos materiais nas trocas de calor, percebendo-se que para o estudante é mais fácil distinguir condutores e isolantes quando eles aparecem em situações de oposição. Quando eles aparecem, como no caso do cobertor, em um fenômeno isolado, os estudantes apresentam mais dificuldade em caracterizá-lo. Quando o estudante não enfrenta conflitos com o cotidiano ele

interpreta os fenômenos e utiliza os conceitos corretamente para explicar situações práticas.

Questão (04). Como as questões acima estão associadas com os experimentos que vocês realizaram?

Quadro 42 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Transmissão de calor.
G1B	Condução de calor nos materiais do tridente.
G1G	A condução do calor através dos metais.
G1T	Assim como nos experimentos que realizamos, percebemos que o material de que são feitas as coisas influenciam nas trocas de calor.

O estudante G1A respondeu baseando-se em transmissão de calor sem citar a importância dos materiais para esses processos. Já os estudantes G1B e G1G lembraram-se do experimento do tridente, ou seja, associaram o experimento com questões do cotidiano. E o estudante G1T elaborou a resposta mais completa, lembrando que o tipo de material é importante nas trocas de calor.

Quadro 43 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Eles nos mostram como podemos aplicar esses conhecimentos trabalhados em sala no nosso dia a dia.
G2J	Ambos são experimentos envolvendo troca de calor.
G2M	A condução de calor.

O estudante G2G percebeu as relações dos experimentos com o seu cotidiano. O estudante G2J respondeu somente em relação às trocas de calor e o

estudante G2M associou as questões com o fenômeno da condução de calor apenas.

Quadro 44 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	No 1º – se relacionam com o tempo necessário que cada material precisou para derreter a cera. No 2º – a troca de calor se relaciona com o experimento da água e da cera. No 3º – se relaciona a transferência de calor que ocorreu na experiência da cera.
G3L	Tratam todos de troca de calor.
G3M	Assim como nos exemplos, os experimentos nos mostram que cada material tem seu tempo de troca de calor, tanto para esquentar como para esfriar.
G3O	No caso número 1, o calor específico relaciona-se com o tempo necessário que cada material precisou para derreter a cera, no número 2, a troca de calor por convecção ou até mesmo calor específico relaciona-se com o experimento da água, e das ceras. Já a 3ª relaciona-se do tipo de transferência de calor que ocorreu no experimento da cera (transferência de calor por condução).

Analisando as respostas dos integrantes desse grupo percebe-se que o estudante G3C associou corretamente cada questão com um dos experimentos realizados. Já o estudante G3L fez a conexão apenas com as trocas de calor enquanto o G3M respondeu explicando sobre a importância de cada material nas trocas de calor. O estudante G3O associou corretamente cada questão com um dos experimentos, porém continua se baseando em calor específico e não na condutividade térmica.

Quadro 45 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	A condução de calor através dos metais.
G4JV	Não fez.
G4J	A condução de calor através dos metais.
G4R	A condução de calor através dos metais.

Os estudantes G4A, G4J e G4R responderam corretamente lembrando-se do fenômeno da condução térmica.

Quadro 46 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Elas envolvem as trocas de calor.
G5G	Observamos a troca de calor e como certos metais esquentam com mais facilidade (1º experimento).
G5L	Como vimos nos experimentos, os metais como o calor, o ferro e o alumínio são bons condutores de energia térmica que é o calor. E quando se quer preparar os alimentos no fogão, os materiais que constituem a panela devem ser feitos de metal para que o calor se transfira por condução. Quando o calor é transferido para a água onde os alimentos estão contidos para serem cozido, a energia térmica é transferida por meio da condução e da convecção, constatada no experimento feito com bécquer e serragem.

Analisando as respostas desses estudantes percebe-se que G5E levou em conta apenas às trocas de calor, nada dizendo sobre os materiais. Já o estudante G5G respondeu explicando sobre a importância de cada material nas trocas de calor e G5L associa corretamente o experimento com o cotidiano.

A Tabela 10 apresenta uma categorização das respostas dos estudantes à questão 4, com base nos quadros 41, 42, 43, 44 e 45.

Tabela 10 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão **04, primeira parte**, individual.

(Continua)

	G1	G2	G3	G4	G5
Associaram os exemplos com os processos de trocas de calor.	G1A, G1B, G1G e G1T	G2J e G2M e G2G	G3C, G3L, G3M e G3O	G4A, G4J e G4R	G5E, G5G e G5L
Não associaram os experimentos com os exemplos cotidianos.	G1A	G2J	G3L		G5E

Tabela 10 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão **04, primeira parte**, individual.

	(Conclusão)				
	G1	G2	G3	G4	G5
Não deram importância aos materiais na transmissão de calor.	G1A	G2J	G3L		G5E
Não fez.		G2E		G4JV	

A Tabela 10 mostra que os estudantes reconhecem quando em um fenômeno ocorrem trocas de calor. Esse dado é importante pois está implícito que houve um aprimoramento na forma de perceber os fenômenos, bem como o reconhecimento do termo calor como algo que está sendo transmitido, não sendo confundido nesse aspecto à temperatura. Apenas alguns estudantes (4) ainda não se apropriaram da importância dos materiais nas trocas de calor e são os mesmos que não associam os experimentos com o cotidiano.

Questão (05). Uma panela com água está sendo aquecida num fogão. O calor das chamas se transmite através da parede do fundo da panela para a água e está em contato com essa parede e daí para o restante da água. Na ordem desta descrição, o calor foi transmitido, predominantemente, por quais processos de transmissão de calor? Explique.

Quadro 47 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	O calor foi transferido do metal quente para a água, então ocorre condução e convecção.
G1B	Condução e convecção. O metal quente transferiu calor para a água.
G1G	Convecção e condução. O metal quente transferiu calor para água através das paredes da panela.
G1T	Da chama para a parede da panela por condução, pois houve contato direto entre os “materiais” (panela e chama) e este é um processo que ocorre mais em sólidos. Da parede para a água ocorre por convecção, pois houve contato entre os dois (panela e água) e este é um processo que ocorre mais em líquidos e gasosos.

Analisando as respostas desse grupo percebe-se apropriação quanto a classificação dos processos de transmissão de calor avaliados, no entanto o estudante G1G não ficou atento à ordem dos processos. Já o estudante G1T mostrou reconhecer ainda que a convecção só ocorre em fluidos.

Quadro 48 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	* Da chama para a parede da panela – por condução, pois foi necessário um meio material e não ocorreu transporte de material. * Do fundo da panela para a água – por condução. * Da água para o restante – por convecção. A água forma correntes quentes de convecção e aquecem o restante. Ocorre o transporte de matéria assim como no experimento da serragem e da água no forno.
G2J	Condução e convecção. Primeiramente não há transporte de matéria, depois a matéria transportada é a água.
G2M	Condução e convecção. O metal quente transferiu calor para a água através das paredes da panela.

Com exceção do estudante G2E, todos os demais mostraram apropriação quanto a classificação dos processos de transmissão de calor avaliados. Os estudantes G2G e G2J deram destaque ao fato de que na condução não ocorre transporte de matéria e que na convecção ocorre esse transporte, no entanto o

estudante G2G se equivocou na parte inicial da sua resposta confundindo o processo de radiação com o processo de condução.

Quadro 49 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Do fogo ao fundo da panela, pois o fundo está ligado à água e o ar, transmitindo calor para os 2 simultaneamente.
G3L	Não fez.
G3M	Condução – através das paredes da panela que esquentaram e trocaram calor com a água em contato, fazendo assim que ela também esquentasse. Convecção – depois que a água em contato com a panela esquenta, ocorre correntes de água, fazendo a água quente subir e a fria descer, esquentando toda a água.
G3O	Condução – no caso da panela para a água, onde o calor da panela transmite quase todo para a água e por convecção – onde a água quente da profundidade da panela sobe e troca calor com a água de cima da panela, que está descendo.

Apenas o estudante G3C não mostrou apropriação quanto a classificação dos processos de transmissão de calor avaliados, sendo que o estudante G3L não fez a tarefa.

Quadro 50 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Convecção e condução. O metal quente transferiu calor para a água através das paredes da panela.
G4JV	Não fez.
G4J	Convecção e condução. O metal quente transferiu calor para a água através das paredes da panela.
G4R	Convecção e condução. O metal quente transferiu calor para a água através das paredes da panela.

Os estudantes desse grupo que fizeram a tarefa mostraram apropriação quanto a classificação dos processos de transmissão de calor avaliados, mas não apresentaram claramente como se deu cada um dos processos.

Quadro 51 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Convecção, porque se aquece primeiro o fundo da panela, para depois transmitir o calor.
G5G	Condução e convecção.
G5L	A chama do fogão transmite calor por radiação ao fundo da panela, que por sua vez transmite por condução a água que estava em contato. O restante da água foi aquecido por condução e convecção.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes G5E e o G5G mostraram apropriação quanto a classificação dos processos de transmissão de calor avaliados, mas não apresentaram claramente como se deu cada um dos processos. Apenas G5L faz essa descrição.

A Tabela 11 apresenta a categorização elaborada a partir das respostas dos estudantes à questão 5, tendo como base os quadros 46, 47, 48, 49 e 50.

Tabela 11 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 05, primeira parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Não reconheceram os processos de transmissão de calor.			G3C		
Não identificaram corretamente a ordem em que os processos de transmissão de calor foram apresentados.	G1G		G3C		
Mostraram apropriação das características associadas com a propagação de calor por condução e por convecção.	G1B, G1T e G1A	G2G, G2J e G2M	G3M e G3O	G4A, G4J e G4R	G5E e G5G
Não fez a tarefa.		G2E	G3L	G4JV	G5L

Na Tabela 11 fica evidente que os estudantes reconhecem os processos de transmissão de calor e que apenas um ainda permanece sem se apropriar desses processos. Percebe-se também que quando o fenômeno em estudo é

próximo do cotidiano do estudante, ele mostra ter maior apropriação do conhecimento formal, saindo do empírico para o conhecimento teórico, como nos ensina Davydov.

Questão (06). Seria possível ocorrer transferência de calor por convecção no vácuo? Explique.

Quadro 52 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Sem a presença de O ₂ não há transferência de calor.
G1B	Não. Pois não tem oxigênio.
G1G	Não. Pois não haveria oxigênio.
G1T	Não, pois na convecção é necessário um meio material para o calor se propagar.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes, com exceção do G1T, não mostraram apropriação dos mecanismos envolvidos na transferência de calor por convecção. Os estudantes desse grupo parecem associar calor com fogo, pois acham necessária a presença de O₂ ou ainda estão pensando no oxigênio como meio material para a ocorrência da convecção. Seria necessário investigar mais este ponto.

Quadro 53 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Não, pois é necessário o movimento do material que vai transmitir (ou receber) calor. Se fosse no vácuo seria por radiação.
G2J	Não, pois precisa de um meio material para transmitir o calor.
G2M	Não. Pois não haveria oxigênio.

Os estudantes G2G e G2J mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, já o estudante G2M parece associar calor

com fogo, pois acha necessário a presença de O_2 , da mesma forma que apareceu no grupo 1.

Quadro 54 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Não, pois necessita de um meio.
G3L	Não fez.
G3M	Não. Para que aconteça uma convecção é preciso de um meio material.
G3O	Não. Pois o processo de transferência de calor por convecção necessita de um meio para se transferir (no caso o ar) e o vácuo determina-se por ausência total de matéria, não sendo possível.

Com exceção do estudante G3L, todos os estudantes desse grupo mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção.

Quadro 55 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Não. Pois não haveria oxigênio.
G4JV	Não fez.
G4J	Não. Pois não haveria oxigênio.
G4R	Não. Pois não haveria oxigênio.

Percebe-se que os estudantes desse grupo não mostraram apropriação de como ocorre a transferência de calor por convecção, parecendo associar calor com fogo, pois acham necessário a presença de O_2 .

Quadro 56 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Não, o único processo de calor que não precisa de um meio para propagar é a radiação.
G5G	Não.
G5L	Não. Pois no vácuo não há matéria. E a transferência de calor por convecção só ocorre na presença de matéria. O único meio de transferência de calor no vácuo é por meio da radiação.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, porém o estudante G5G, não apresentou uma explicação.

A Tabela 12 apresenta a categorização elaborada a partir das respostas dos estudantes à questão 6 tendo como base os quadros 45, 46, 47, 48 e 49.

Tabela 12 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão **06, primeira parte**, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Consideram que a transferência de calor por convecção em gases só ocorre com a presença de O ₂ .	G1A, G1B e G1G	G2M		G4A, G4J e G4R	
Não mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção em gases.	G1A, G1B e G1G			G4A, G4J e G4R	
Apresentaram apropriação das características do processo de transmissão de calor por convecção em gases.	G1T	G2G e G2J	G3C, G3M e G3O		G5E, G5G e G5L
Não fez.		G2E	G3L	G4JV	

Essa categorização apresentada na Tabela 12 mostra como um fenômeno fora do cotidiano do estudante traz conflitos cognitivos. É possível perceber que um bom número de estudantes, no caso 9, mesmo em situações de conflito conseguem explicar corretamente o fenômeno. A associação que fizeram, 7 estudantes, entre fumaça e fogo deixa claro que para muitos o fenômeno não era de trocas de calor e sim uma queima, o que confunde o estudante fazendo com que ele pense em fenômenos diferentes daqueles que estão sendo estudados.

Questão (07). Você deseja resfriar algumas latinhas de refrigerante em uma caixa de isopor, mas dispõe de uma quantidade de gelo insuficiente para envolver completamente as latas. Onde você colocaria as pedras de gelo, na parte superior ou inferior do recipiente? Explique.

Quadro 57 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Álcool e sal. Eles “roubam” calor do corpo então resfria.
G1B	Não fez.
G1G	Inferior. Pois o “frio” será transferido mais rapidamente.
G1T	Na parte superior do recipiente, pois o que é “frio” (como o gelo) tende a descer, se colocarmos na parte inferior será o recipiente que iria “gelar” e não as latinhas de refrigerante. Colocando-o na parte superior, o “calor” desce para as latinhas.

Analisando as respostas do grupo 1 é possível verificar que os estudantes demonstraram dificuldades em transpor o conhecimento científico sobre os processos de propagação de calor para uma situação vivenciada rotineiramente por eles. Tentam construir a explicação a partir de uma linguagem coloquial, como por exemplo, “(...) roubam calor (...)”, expressão usada pelo estudante G1A. Outro aspecto que se percebe é que os estudantes apresentam dúvidas quando na transmissão de calor existem corpos que se encontram em baixas temperaturas, eles associam que o calor se manifesta quando um corpo está muito quente, eles ainda não entendem que quente e frio são conceitos relativos. Talvez isso signifique que as atividades experimentais utilizadas em sala não tenham sido suficientes para que eles construíssem as próprias explicações, com vocabulário próximo ao que eles utilizam.

Quadro 58 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Na parte superior. Pois o ar embaixo das latas iria se esfriar, criando uma corrente de convecção entre as latas que faria com que elas ficassem geladas.
G2J	Superior. O gelo resfria o ar que está em cima, o ar frio tende a descer resfriando todas as latinhas.
G2M	Não fez.

Percebe-se que os estudantes G2G e G2J mostraram certa apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, conseguindo utilizar em uma situação cotidiana.

Quadro 59 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Na parte inferior, pois não haveria trocas de calor por condução, pois o isopor é isolante.
G3L	Superior. O ar frio desce e esfriará as de baixo.
G3M	Na parte superior, já que o ar quente sobe e o ar frio desce, o gelo em cima impediria as latinhas de cima de esquentar mais rápido.
G3O	Dentro do recipiente na parte superior das latinhas, pois haveria trocas de calor por convecção, devido ao resfriamento ser formado em cima e o líquido quente subir, sendo assim o líquido frio misturando com o quente, resfriando-se assim melhor o refrigerante.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que o estudante G3C não mostra apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção. Os estudantes G3L e G3M mostram certa apropriação de como se deve proceder em uma situação do cotidiano, mas citam apenas o ar como sendo responsável pelo processo nesse caso. Já o estudante G3O mostra apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção e consegue utilizar em uma situação do seu cotidiano apropriada.

Quadro 60 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Superior. Pois iria resfriar mais rapidamente as latinhas de refrigerante.
G4JV	Não fez.
G4J	Inferior. Pois o “frio” seria transferido mais rapidamente.
G4R	Inferior. Pois o “frio” seria transferido mais rapidamente.

Percebe-se que os estudantes desse grupo não mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, usando termos de forma equivocada, como por exemplo, “transferir frio”.

Quadro 61 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Inferior, pois assim o ar frio subiria, resfriando todo o recipiente.
G5G	Superior, pois ela esfriará de cima para baixo, já que o frio é mais pesado que o calor.
G5L	Na parte superior do recipiente acima das latinhas, o gelo irá “roubar” o calor contido do líquido na parte superior das latinhas. Este líquido que está contido na parte superior das latinhas tornara-se mais frio que o restante e portanto mais denso. Desse modo o líquido irá descer empurrando o líquido mais quente para cima que irá resfriar novamente e descer. Este processo se dá pela convecção. Mas a medida em que se ocorrer o gelo vai derreter, tornando-se líquido e depositando no fundo do recipiente de isopor até ocorrer o equilíbrio térmico. Se o gelo fosse depositado no fundo, somente a parte inferior das latinhas seria resfriada. O processo de convecção não ocorreria e somente o processo de condução de calor faria o resfriamento. Portanto, nesse caso o processo de transferência de calor seria ineficiente fazendo com que o resfriamento não ocorresse de forma significativa.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que G5E não mostrou apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção. G5G não explica de maneira convincente, pois usa de forma inadequada o termo ar frio ser mais pesado ao invés de ser mais denso. Já o estudante G5L mostrou apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, conseguindo utilizar em uma situação cotidiana.

A Tabela 13 apresenta a categorização elaborada a partir das respostas dos estudantes à questão 7, tendo como base os quadros 56, 57, 58, 59 e 60.

Tabela 13 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 07, primeira parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Afirmam que a transferência de calor por convecção em líquidos ocorre devido ao movimento do frio.	G1A e G1G	G2M		G4A, G4J e G4R	G5G
Não mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção em líquidos.	G1A, G1G e G1T		G3C	G4J e G4R	G5E e G5G
Mostraram apropriação de como se dá o processo de convecção, aplicando em uma situação cotidiana.		G2G e G2J	G3M e G3O		G5L
Não fez.	G1B	G2E	G3L	G4JV	

Analisando-se a Tabela 13 é possível perceber que dos 19 estudantes apenas 5 conseguiram transpor os conhecimentos para explicarem uma situação cotidiana. Um fato que merece destaque é que ao desenvolver as atividades experimentais, foram pensadas maneiras de se apresentar os fenômenos, saindo da rotina das aulas expositivas. Os exercícios foram produzidos para que os estudantes mostrassem como as atividades interferiram no seu aprendizado.

Durante as correções dos exercícios percebeu-se que os fenômenos apresentados nas atividades estavam voltados para a transferência de calor entre corpos que estavam a altas temperaturas, como exemplo temos fogo, ar quente produzido por contato com corpos quentes, serragem se movimentando pelas correntes de convecção em água quente. Em nenhum momento se pensou em atividades relacionadas à transferência de calor entre corpos a baixas temperaturas. Não foi pensada nenhuma atividade que mostrasse a relatividade dos termos quente e frio. Dessa maneira entende-se bem o tipo de conflito enfrentado pelos estudantes ao responderem a questões que não foram desenvolvidas nas atividades experimentais, mas que podem servir de

catalizadores para o desenvolvimento do pensamento do estudante para este tipo de questão. Percebe-se dessa forma que os estudantes se saíram bem melhor quando os fenômenos tratados eram mais próximos do seu cotidiano e não foram tão bem em fenômenos distantes do seu cotidiano como, por exemplo, cobertores para manter um corpo em baixas temperaturas e gelo retirando calor de massas de líquido a baixas temperaturas, produzindo-se assim correntes de convecção. As atividades experimentais foram importantes na construção do conhecimento, mas precisam ser mais bem pensadas para que durante o seu desenvolvimento possa-se alcançar um maior número de fenômenos para que as discussões nos grupos possam criar melhores condições de aprendizagem.

Segunda Parte

Questão (01). Por que as prateleiras da geladeira são feitas de grades com espaçamentos e não devem ser completamente cobertas?

Quadro 62 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Para que aconteça a circulação de ar, o ar frio desce e automaticamente o ar quente sobe.
G1B	Para o ar circular, o ar quente subir e o frio descer.
G1G	Para que o ar frio circule por toda a geladeira.
G1T	O ar frio é mais denso, então tende a descer e “refrigerar”, esfriar a geladeira, para isso deve haver espaço para o “ar” (energia térmica) descer.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes G1A e G1B mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção nos gases, mas não mencionaram explicitamente a diferença de densidade do ar quente e do ar frio. O estudante G1G não mostrou apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção nos gases, pois citou

somente a circulação de ar frio. Já o estudante G1T mostrou apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção nos gases, respondendo corretamente sobre o movimento do ar frio, inclusive explicando sobre a sua densidade, mas não mencionou a circulação de ar quente.

Quadro 63 - Respostas dos estudantes do grupo 2(G2).

G2E	Não fez.
G2G	Não fez.
G2J	O ar quente sobe, é resfriado pelo congelador e desce para que o ar de baixo suba resfrie, assim segue o ciclo. As prateleiras são feitas de grade para facilitar a circulação de ar.
G2M	Pro ar quente subir, o ar frio descer e assim acontecer em ciclo.

Nas respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes G2J e G2M mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, mas não fizeram comentários sobre a importância da densidade neste processo.

Quadro 64 – Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Não fez.
G3L	Para circulação do ar.
G3M	Para que o ar circule, o ar quente subir e perder calor e o ar frio descer e ganhar calor.
G3O	Para não impedirem as trocas de ar por convecção e deixar o ambiente interno mais frio e seco devido às trocas de calor. Ar frio que é formado em cima.

Nas respostas desse grupo, percebe-se que o estudante G3L não demonstrou apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, pois citou somente a circulação de ar, sem explicar sobre a densidade ou o porquê desse fenômeno ocorrer. Já os estudantes G3M e G3O mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, mas

também não fizeram comentários sobre a importância da densidade neste processo.

Quadro 65 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Para que o ar frio circule por toda a geladeira.
G4JV	Não fez.
G4J	Para que o ar frio circule por toda a geladeira.
G4R	Para que o ar frio circule por toda a geladeira.

Nas respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes G4A, G4J e G4R não demonstraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, pois citaram somente a circulação de ar, sem explicar sobre a importância da densidade no processo.

Quadro 66 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Para ficar limpa e refrigerada, para não ficar com seu interior completamente congelado.
G5G	Para ficar limpa e refrigerada, para não ficar com seu interior completamente congelado.
G5L	Para que o ar circule dentro da geladeira. Pois a geladeira retira energia de dentro de seu volume o que ocasiona o seu resfriamento. Isso ocorre por convecção, e para que isso ocorra, o ar dentro dela precisa estar em constante circulação.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes G5E e G5G não mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção. O estudante G5L faz certa confusão com os termos “retira calor de seu próprio volume” e não faz comentários sobre a importância da densidade do ar quente e frio.

A Tabela 14 apresenta as categorias criadas a partir das respostas dos estudantes à questão 1, tendo como base os quadros 61, 62, 63, 64 e 65.

Tabela 14 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 01, segunda parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Explicaram corretamente o fenômeno, identificando a importância da densidade.	G1T				
Explicaram corretamente o fenômeno mas não mencionaram a densidade.	G1A e G1B	G2J e G2M	G3M e G3O		G5L
Não mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção em gases.	G1G		G3L	G4A, G4J e G4R	G5E e G5G
Não fez.		G2E e G2G	G3C	G4JV	

Analisando a Tabela 14 percebe-se que os estudantes em sua maioria, tiveram dificuldades de explicar uma situação cotidiana usando os conhecimentos adquiridos com a realização das atividades, o que fica evidenciado pelo baixo número de estudantes que conseguiram construir uma explicação correta, apenas 1. Por outro lado, 7 estudantes conseguiram demonstrar compreender parcialmente o processo de convecção em gases enquanto outros 7 não demonstraram essa compreensão. Deve-se ressaltar aqui o elevado número de estudantes que não responderam a questão.

Esses resultados mostram como os estudantes têm dificuldades em tratar de fenômenos relacionados às trocas de calor entre corpos a baixas temperaturas, foi assim também no experimento das latinhas, onde os estudantes não perceberam como ocorre o fluxo de calor. Apesar do fenômeno da geladeira ser massificado com vários exemplos em livros didáticos e questões de vestibulares, a impressão que fica é que quando os estudantes aprendem esse fenômeno da convecção nas aulas tradicionais isso ocorre de forma mecânica, com o interesse em se sair bem nas provas.

O fenômeno de transporte de ar frio por convecção, pensando na diferença de densidade é distante do cotidiano do aluno, sendo assim, deve-se em próximas atividades pensar em experimentos que mostrem esse tipo de fenômeno, para que o estudante se aproprie melhor desse tipo de acontecimento.

Questão (02). Observando o voo dos urubus, pode-se notar que muitas vezes eles abrem suas asas e, sem movê-las, atingem alturas cada vez maiores. Explicar de que modo os urubus conseguem alcançar grandes altitudes sem bater suas asas.

Quadro 67 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	As aves voam com facilidade porque o ar quente sobe.
G1B	O ar quente sobe, fazendo as aves voarem sem esforço.
G1G	O ar quente sobe, fazendo as aves planarem com o uso das asas.
G1T	Pois quando elas abrem as asas aumenta a superfície de contato do urubu com o ar e é possível direcionar melhor o voo, pois é como se o pássaro “caísse” mais devagar, como uma folha lisa (cai devagar) e uma folha amassada (cai rápido, por causa da menor superfície de contato com o ar).

Analisando as respostas desse grupo percebe-se que G1A, G1B e G1G demonstraram apropriação do processo de formação das correntes de convecção, mas não fizeram comentários sobre a importância da densidade neste processo. G1T se preocupou apenas com a aerodinâmica da ave e nada falou sobre a transferência de calor.

Quadro 68 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Não fez.
G2J	Os urubus sobem por causa de correntes térmicas, como o ar quente sobe, o urubu se aproveita e também sobe.
G2M	O ar quente já faz elas subirem, sem que precisem fazer muito esforço com suas asas.

Percebe-se que os estudantes G2J e G2M mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, apesar de não fazerem comentários explicitamente sobre a densidade do ar quente.

Quadro 69 - Respostas dos estudantes do grupo 3(G3).

G3C	Não fez.
G3L	O ar os mantém no céu.
G3M	Através de correntes de ar quente, que não só o mantém no ar como também faz com que ele voe em grandes altitudes.
G3O	Pois eles aproveitem massas de ar quente que estão subindo e efetuando trocas de calor por convecção, sendo assim eles economizam energia e conseguem subir sem esforço.

Nas respostas desse grupo, percebe-se que o estudante G3L não demonstrou apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção. Já os estudantes G3M e G3O mostraram essa apropriação, apesar de não fazerem comentários explícitos sobre a densidade do ar quente e frio.

Quadro 70 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	O ar quente sobe fazendo as aves planarem com o uso das asas e sem realizar esforço.
G4JV	Não fez.
G4J	O ar quente sobe fazendo as aves planarem com o uso das asas
G4R	O ar quente sobe fazendo as aves planarem com o uso das asas

Nas respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes G4A, G4J e G4R demonstraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, apesar de citarem somente o ar quente como responsável pelo voo das aves, e não terem feito comentários explícitos sobre a densidade do ar quente e frio.

Quadro 71 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Com o fluxo de ar quente que sobe e o urubu “pega uma carona”.
G5G	Com o fluxo de ar quente que sobe e o urubu “pega uma carona”.
G5L	Eles utilizam as correntes de ar que se localizam na atmosfera. Essas correntes funcionam por convecção onde o ar mais quente sobe, torna-se frio e por causa da sua densidade ser maior desce novamente, mas nesse processo ele esquentou e torna a subir.

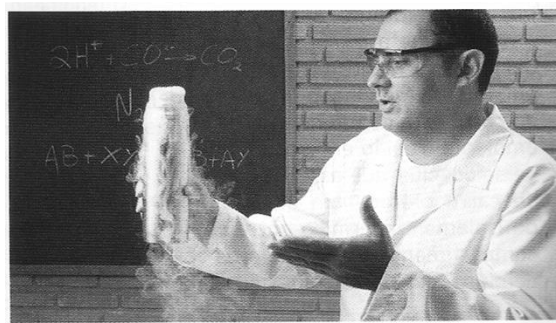
Analisando as respostas desse grupo percebe-se que os estudantes G5E e G5G demonstraram certa apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção, apesar de não fazerem comentários sobre a densidade do ar quente e frio. O estudante G5L demonstrou essa apropriação, fazendo comentários sobre a densidade do ar quente e do ar frio conseguindo aplicar seus conhecimentos em uma situação cotidiana.

A Tabela 15 apresenta as categorias construídas com as respostas à questão 2, tendo como base os quadros 61, 62, 63, 64 e 65.

Tabela 15 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise das respostas à questão 02, segunda parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Explicam corretamente o fenômeno e usam o termo densidade.					G5L
Explicam corretamente o fenômeno e não usam o termo densidade.	G1A, G1B e G1G	G2J e G2M	G3M e G3O	G4A, G4J e G4R	G5E e G5G
Não mostraram apropriação de como se efetua a transmissão de calor por convecção em gases.			G3L		G5E, G5G e G5L
Não fez ou não respondeu.	G1T	G2E e G2G	G3C	G4JV	

Figura 6 - Professor realizando uma experiência em uma aula de Física.



Fonte: Ser Protagonista, vol.2, p.31.

Questão (03). Durante uma aula de laboratório de Física, um professor abre um cilindro de aço e de dentro parece escapar uma fumaça branca, que em vez de subir desce para o chão. Para provocar os alunos, ele diz que algo está pegando fogo dentro do cilindro. Em seguida, corrige a brincadeira dizendo que o conteúdo é nitrogênio líquido. Elabore hipóteses para justificar por que a fumaça que parece escapar do nitrogênio não poderia ser proveniente de uma queima.

Quadro 72 - Respostas dos estudantes de todos os grupos.

G1A	Oxigênio não estava presente.
G1B	Pois não tinha oxigênio.
G1G	Pois não havia oxigênio dentro do recipiente.
G1T	Pois na queima precisa de oxigênio para ocorrer a combustão, mas o recipiente, quando fechado, já havia fumaça.
G2E	Não fez.
G2G	A fumaça proveniente de uma queima é quente, ela se expande e se torna menos densa. A fumaça do experimento desceu para o chão, assim ela é mais densa e fria, portanto ela não pode ser proveniente de uma queima.
G2J	Não fez.
G2M	Porque não tinha oxigênio.
G3C	Não fez.
G3L	Se fosse de queima ela seria quente e portanto subiria.
G3M	Se fosse uma queima a fumaça seria quente, e por ser menos densa subiria ao contrário do que acontece como o nitrogênio, uma fumaça fria e densa, por isso desce.
G3O	Pois caso fosse proveniente de uma queima a fumaça (quente) iria subir e não descer, pois iria realizar trocas de ar por convecção assim que saísse do tubo. Por isso que as chamas e fumaças de queimadas vão para a camada de oxigênio.
G4A	Pois não havia oxigênio dentro do recipiente.
G4JV	Não fez.
G4J	Pois não havia oxigênio dentro do recipiente.
G4R	Pois não havia oxigênio dentro do recipiente.
G5E	Porque sua densidade é maior que o ar, fazendo-a descer e não subir.
G5G	Porque sua densidade é maior que o ar, fazendo-a descer e não subir.
G5L	Porque a fumaça proveniente de uma queima é quente e sua densidade é menor que a do ar e por isso ela sobe. Já a fumaça que escapa do nitrogênio líquido é o próprio elemento ganhando energia exposto em contato com o meio ambiente fazendo com que ele mude do estado líquido para o estado gasoso, mas mesmo no estado gasoso ele está muito frio pois sua densidade está menor e ele está mais pesado que o ar.

Apesar de parecer uma questão interessante num primeiro momento, o que se observou a partir da análise das respostas dos estudantes é que esta questão os induz a raciocinarem em termos de uma queima. Sugere-se então que essa questão seja retirada da atividade ou reformulada, por isso as respostas foram agrupadas em um único quadro e não foi feita a categorização.

De modo geral, os estudantes não pensaram na diferença de densidade nem nas correntes de convecção. Como a pergunta estava associada com o processo de queima, eles só tiveram esse foco. A ideia era que o estudante percebesse a diferença entre densidades do ar a diferentes temperaturas, mas concorda-se com o fato de que a questão foi mal formulada, dificultando assim qualquer análise.

Questão (05). Qual a principal diferença do processo de transmissão de calor por radiação em relação à condução e à convecção?

Quadro 73 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Pois ela pode ser transmitida em um meio qualquer.
G1B	Pois ela pode ser transmitida em qualquer meio
G1G	Ela pode ser transmitida tanto por vácuo quanto em outro meio.
G1T	O processo de transmissão de calor por condução e convecção, só ocorre em meio material, já por radiação, além de ocorrer em meio material, também ocorre no vácuo.

Os estudantes G1A, G1B e G1G explicaram apenas o processo de transmissão de calor por radiação, do ponto de vista da necessidade de um meio material para que ele ocorra, não explicando nada sobre os processos de condução e de convecção. Já o estudante G1T mostrou apropriação do processo, entendendo a importância do meio material para que ocorra a transmissão de

calor por condução e convecção, diferentemente do processo por radiação, no qual o meio material não é relevante.

Quadro 74 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Não fez.
G2J	O processo de transmissão de calor por de radiação não há necessidade de um meio material enquanto que o processo por condução e convecção é necessária a presença de um meio material.
G2M	Pois ela pode ser transmitida em qualquer meio.

Percebe-se que o estudante G2J mostrou apropriação de como ocorrem às transferências de calor, entendendo a importância do meio material para que ocorra a transmissão de calor por condução e por convecção, bem como ressaltando que na transmissão de calor por radiação o meio material não é relevante. Já o estudante G2M se apropriou do processo de transmissão de calor por radiação, respondeu que, por esse processo, o calor pode ser transmitido em um meio qualquer, não explicando nada sobre os processos de condução e de convecção.

Quadro 75 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Não fez.
G3L	Não fez.
G3M	A radiação diferentemente da condução e da convecção não precisa de um meio material para a propagação de calor.
G3O	A transmissão de calor por radiação não requer um meio para se propagar (propagando assim no vácuo).

Nas respostas desse grupo, percebe-se que o estudante G3M mostrou apropriação de como ocorrem as transferências de calor, entendendo a importância do meio material para que ocorra transmissão de calor por condução

e por convecção, ressaltando também que na transmissão de calor por radiação o meio material não é relevante. O estudante G3O se apropriou do processo de transmissão de calor por radiação, respondendo que, por esse processo, o calor pode ser transmitido em um meio qualquer, mas não explicou nada sobre os processos de condução e de convecção.

Quadro 76 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Ela pode ser transmitida tanto no vácuo quanto em outro meio.
G4JV	Não fez.
G4J	Ela pode ser transmitida tanto no vácuo quanto em outro meio.
G4R	Ela pode ser transmitida tanto no vácuo quanto em outro meio.

Percebe-se que todos os estudantes se apropriaram do processo de transmissão de calor por radiação, respondendo que, por esse processo, o calor pode ser transmitido em um meio qualquer, mas não explicaram nada sobre os processos de condução e de convecção.

Quadro 77 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	A radiação não precisa de um meio para transmitir calor à outro corpo.
G5G	A radiação não precisa de um meio para transmitir calor à outro corpo.
G5L	A transferência de calor por radiação se dá pela ausência de matéria.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que o estudante G5L associa a transferência de calor por radiação à ausência de matéria e não ao fato de não haver necessidade de um meio material para que ela ocorra, diferentemente dos outros dois processos.

A Tabela 16 apresenta as categorias construídas a partir das respostas dos estudantes à questão 05, a partir dos quadros 72, 73, 74, 75 e 76.

Tabela 16 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 05, segunda parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Reconhecem as diferenças entre os processos de transmissão de calor.	G1A, G1B, G1G e G1T	G2J e G2M	G3M e G3O	G4A, G4J e G4R	G5E, G5G e
Percebem que a principal diferença está no meio de propagação de calor.	G1A, G1B, G1G e G1T	G2J e G2M	G3M e G3O	G4A, G4J e G4R	G5E, G5G e G5L
Não fez.		G2E e G2G	G3C e G3L	G4JV	

Esses resultados mostram que praticamente todos os estudantes compreenderam que para que ocorra transmissão de calor por radiação, o meio é dispensável, o que não ocorre com a convecção e a condução.

A atividade experimental, onde os estudantes fizeram medições com termômetros colocados em latinhas pintadas com cores diferentes, associada aos trabalhos em grupos, foi importante na construção do conhecimento dos estudantes. Pode-se ver que, ao responderem essa questão, os estudantes perceberam a importância do meio nos processos de transmissão de calor e isso pode ser pensado como uma construção que os estudantes fizeram ao longo das tarefas e que se tornou mais evidente, ao perceberem que na radiação, o meio de propagação não é relevante, diferente dos outros processos.

Questão (06). Um amigo seu reclamou que no verão o interior de sua casa é muito quente, devido à laje do teto de sua casa ser exposta ao Sol. Ele disse também que seu pai não tem condições financeiras para cobrir a laje com telhado. Qual dica você daria a ele para que sua família tivesse um melhor conforto térmico? Explique.

Quadro 78 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Passasse tinta branca, assim o calor absorvido seria mais e totalmente refletido.
G1B	Pintar de branco a laje, pois a cor absorve mais calor.
G1G	Ventiladores por toda a casa.
G1T	Diria a ele para pintar a casa de branco, pois essa cor não esquenta, já que reflete todas as cores e colocar placas metálicas na laje, pois elas refletem o calor.

De modo geral, o que se observa neste grupo é certa dificuldade em transpor os conhecimentos adquiridos para resolverem um problema prático. Fica evidente que ainda tem alguns conceitos confusos, como dizer que o branco absorve mais calor (G1B). Isso sugere que as atividades não foram suficientes para permitir esta transposição.

Quadro 79 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Não fez.
G2J	Ele poderia pintar a laje de branco, pois a cor branca reflete a radiação solar, reduzindo a absorção de calor.
G2M	Pintar a laje com tinta branca, pois essa cor por ser mais clara absorve mais calor.

Percebe-se que o estudante G2J conseguiu usar os conhecimentos de transferência de calor para resolver um problema do cotidiano, usou os termos de forma adequada. G2M sugeriu que se passasse tinta branca, porém equivocou ao dizer que o branco absorve o calor.

Quadro 80 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Não fez.
G3L	Não fez.
G3M	Como o branco reflete todas as cores, pintar a laje de branco reduziria significativamente a temperatura da casa.
G3O	Para que pintasse sua laje de branco, pois assim refletiria a luz solar em maior quantidade que o concreto, esquentando menos ainda sua laje e dando um ambiente mais fresco à sua casa. Obs: a tinta deverá ser resistente à água, para caso as chuvas não lhe tirasse.

Percebe-se que os estudantes G3M e G3O conseguiram usar os conhecimentos sobre transferência de calor para resolverem um problema do cotidiano, usando os termos de forma adequada.

Quadro 81 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Pintar a laje com tinta branca. Pois a cor branca absorve o calor e o reflete.
G4JV	Não fez.
G4J	Ventiladores por toda a casa.
G4R	Ventiladores por toda a casa.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes não conseguiram usar adequadamente os conhecimentos sobre os processos de transmissão de calor para solucionar um problema do cotidiano, cometendo vários equívocos, como por exemplo, quando o estudante G4A sugeriu que se passasse tinta branca, pois o branco absorve o calor.

Quadro 82 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Pintar a laje de branco, porque a cor não absorve tanto o calor como as outras cores, fazendo-a menos quente.
G5G	Pintar a laje de branco, porque a cor não absorve tanto o calor como as outras cores, fazendo-a menos quente.
G5L	Pintar a laje com tinta branca fará com que a temperatura no interior da casa diminua. Isso ocorre porque a cor branca reflete todas as radiações das demais cores que estão presentes na luz do sol. Com isso a absorção de calor é menor fazendo com que a temperatura no interior da casa abaixe.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes conseguiram usar os conhecimentos sobre os processos de transferência de calor para resolverem um problema do cotidiano, usaram os termos de forma adequada.

A Tabela 17 apresenta as categorias construídas a partir das respostas dos estudantes à questão 6, conforme quadros 77, 78, 79, 80 e 81.

Tabela 17 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 06, segunda parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Conseguiram fazer bons planos usando os processos de transmissão de calor.	G1T	G2J	G3M e G3O		G5E, G5G e G5L
Conseguiram um plano, porém acham que a cor branca absorve calor.	G1A e G1B	G2M		G4A	
Não fez.		G2E e G2G	G3C e G3L	G4JV	

O processo de transmissão de calor por radiação teve uma apropriação de grande parte dos estudantes, mostrando que a atividade experimental foi relevante na construção do conhecimento. Fundamental também foi a construção do conhecimento de forma social, pois os estudantes puderam interagir com

outros colegas com vocabulário mais próximo do seu. Esse tipo de atividade mostrou a transmissão de calor relacionada à cor de corpos, deixando claro como algumas cores são melhores absorvedoras de calor que outras, oportunizando aos estudantes relacionar esse fenômeno estudado com situações do seu cotidiano.

Questão (07). O papel-alumínio pode ser usado para facilitar o cozimento de alguns alimentos como carnes e batatas. Se você fosse se utilizar desse procedimento para assar batatas em um forno de fogão a gás, de que lado você colocaria a parte mais espelhada? Voltada para as batatas? Explique.

Quadro 83 - Respostas dos estudantes do grupo 1 (G1).

G1A	Sim, onde é mais prateado perde menos calor.
G1B	Sim, pois a parte mais espelhada perde menos calor.
G1G	Voltado para as batatas, pois haveria menos reflexão e assim, menos perda de calor.
G1T	Voltada para as batatas, pois assim o papel alumínio refletirá para a batata as ondas de calor que está recebendo e as cozinhará.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes G1A e G1B não entenderam o poder refletor do papel alumínio. G1G respondeu de forma correta, porém com justificativa errada, dizendo que assim reflete menos calor. G1T conseguiu usar os conhecimentos para resolver um problema do cotidiano, usou os termos de forma adequada.

Quadro 84 - Respostas dos estudantes do grupo 2 (G2).

G2E	Não fez.
G2G	Não fez.
G2J	A parte espelhada deve ficar do lado interno. Essa parte reflete as ondas de calor, assim o cozimento demoraria mais que o normal se estivesse voltada para o lado de fora.
G2M	Sim, pois com a parte mais espelhada voltada para as batatas elas perdem menos calor.

Percebe-se que o estudante G2J conseguiu usar os conhecimentos sobre transferência de calor para resolver um problema do cotidiano, usando os termos de forma adequada. Já o estudante G2M não explicou sobre a reflexão das ondas eletromagnéticas.

Quadro 85 - Respostas dos estudantes do grupo 3 (G3).

G3C	Não fez.
G3L	Sim, para que o calor entre e não saia.
G3M	Sim, a parte espelhada manteria “preso” o calor, elevando a temperatura da batata, conseqüentemente diminuindo o tempo necessário para o cozimento.
G3O	Sim. Pois no caso o calor das batatas que subiria iriam ser refletidos de volta para ela, conservando a temperatura ambiente (interna). Caso o forno esteja ligado por muito tempo, a temperatura interna estará elevada, pois não haverá trocas de calor, e sim acúmulo de calor, facilitando o seu cozimento.

Percebe-se que os estudantes G3L e G3M não usaram o termo reflexão para explicar os fenômenos, já o estudante G3O deu uma resposta confusa, dizendo que o calor emitido pelas batatas subiria (menção ao processo de convecção), não pensando em termos de radiação. Outra confusão foi pensar que o calor refletido pelo alumínio manteria a temperatura interna constante, mas aí sim se o tempo fosse prolongado a temperatura interna subiria (menção à radiação).

Quadro 86 - Respostas dos estudantes do grupo 4 (G4).

G4A	Voltado para as batatas, havendo menos reflexão, e assim, perdendo menos calor.
G4JV	Não fez.
G4J	Voltado para as batatas, havendo menos reflexão, e assim, perdendo menos calor.
G4R	Voltado para as batatas, pois haveria menos reflexão, e assim, menos perda de calor.

Apesar da maioria dos estudantes desse grupo reconhecer que a parte espelhada deveria estar voltada para as batatas, eles não foram capazes de explicar o motivo dessa escolha.

Ao comparar todas as respostas deste grupo fica a impressão de que eles responderam a atividade em grupo, pois todas as respostas estavam iguais, o que não era proibido. Apenas na questão 6 um dos estudantes respondeu de forma diferente.

Quadro 87 - Respostas dos estudantes do grupo 5 (G5).

G5E	Sim, para não deixar escapar o calor delas, como numa garrafa térmica, para não haver trocas com o meio, de calor.
G5G	Sim, para não deixar ocupar o calor delas, como numa garrafa térmica.
G5L	Voltado para as batatas. Pois o calor emitido no cozimento da batata acontece por radiação. Por isso devemos colocar a parte mais espelhada do papel-alumínio voltada para as batatas. Pois quando a energia térmica sair da batata ela será refletida novamente para o alimento devido a parte espelhada do papel-alumínio. Isso fará com que o cozimento seja facilitado.

Analisando as respostas desse grupo, percebe-se que os estudantes conseguiram usar os conhecimentos sobre os processos de transferência de calor para resolverem um problema do cotidiano, usaram os termos de forma adequada. A comparação com a garrafa térmica foi muito boa.

A Tabela 18 apresenta as categorias construídas a partir das respostas dadas à questão 7, tendo como base os quadros 82, 83, 84, 85 e 86.

Tabela 18 - Categorias intermediárias construídas a partir da análise da resposta da questão 07, segunda parte, individual.

	G1	G2	G3	G4	G5
Não demonstraram apropriação do processo de transmissão de calor por radiação.					
Conseguiram responder corretamente.	G1T	G2J e G2M	G3O		G5E, G5G e G5L
Conseguiram responder, porém não justificaram corretamente.	G1A, G1B e G1G			G4A, G4J e G4R	
Não fez.		G2E e G2G	G3C	G4JV	

Observando as respostas construídas pelos estudantes ao longo dessa tarefa para casa, que foi individual, percebe-se um envolvimento com o processo que já merece elogios. O envolvimento com as atividades experimentais, bem como com as discussões realizadas em cada grupo, mostra que vale a pena seguir esse caminho, mesmo em escolas que usam materiais de sistemas de ensino. Como professor da turma no curso regular percebi um envolvimento acima do esperado, principalmente relacionado aos estudantes que apresentam baixo rendimento escolar nos moldes tradicionais. A turma como um todo desenvolveu as atividades de forma responsável, já que foi no contraturno escolar, simplesmente com o objetivo de ajudarem no desenvolvimento do projeto.

A análise das atividades até esse ponto mostra que os trabalhos em grupos oportunizam o desenvolvimento social, mas a apropriação individual é

um pouco mais elaborada, assim deve-se ficar atento ao que ensina Davydov (1988):

O sujeito individual, por meio da apropriação, reproduz em si mesmo as formas histórico-sociais da atividade. O tipo geneticamente inicial da apropriação é a participação do indivíduo na realização coletiva, socialmente significativa, da atividade, organizada de forma objetual externa. Graças ao processo de interiorização a realização desta atividade se converte em individual e os meios de sua organização, em internos. Uma particularidade importante da atividade humana externa e interna é seu caráter objetual, já que durante o processo de satisfazer suas necessidades, o sujeito coletivo e individual da atividade transforma a esfera objetual da sua vida. A atividade humana tem uma estrutura complexa que inclui componentes como: necessidades, motivos, objetivos, tarefas, ações e operações, que estão em permanente estado de interligação e transformação. (DAVIDOV, 1988, p. 11).

Considerações do professor sobre o desenvolvimento das quatro primeiras aulas

Aulas experimentais são difíceis de conduzir, principalmente por causa dos cuidados que se deve tomar com a segurança dos envolvidos nas atividades. Havia um desejo inicial de se filmar os estudantes fazendo as atividades, mas durante a realização das mesmas fiquei tão concentrado na hora da realização que sequer lembrei-me das filmagens.

Foi possível perceber algumas dificuldades dos estudantes no momento de responder aos roteiros, principalmente sobre transferência ou não de matéria nos processos de transmissão de calor. Também se percebeu que os estudantes não sabiam o que era um modelo em ciência. Esse ponto será retomado posteriormente.

O tempo previsto foi suficiente para a realização das atividades. No entanto, ao exibir o filme de 5 minutos no final da atividade sobre propagação de

calor por radiação, observou-se que ele teve pouco aproveitamento, sendo que muitos estudantes não conectaram as atividades experimentais ao tema do filme, que era o efeito estufa.

Algumas questões contidas nas tarefas de casa começaram a ser discutidas ainda no corredor, ao final da quarta aula. Percebeu-se que a questão sobre procedimentos que se deve tomar para melhorar o conforto térmico de moradores de uma casa com laje exposta ao sol, parecia difícil para muitos estudantes, mesmo depois da prática com as latinhas, lâmpadas e termômetros. Isso mostra que eles não conseguiram transpor o que foi ensinado em sala de aula para interpretar fatos do cotidiano. Quando um estudante comentou sobre pintar a laje de branco, muitos não concordaram de início, só concordaram depois de muita discussão. Nesse momento não falei nada sobre as dúvidas, deixando que eles pensassem a respeito durante a realização das tarefas de casa.

AULA 5 – Esclarecendo alguns conceitos usando uma garrafa térmica

A aula 5 consistiu em uma revisão conceitual feita a partir da discussão sobre o funcionamento de uma garrafa térmica, sendo estruturada em duas partes:

- i. Na primeira parte, entregou-se aos estudantes um esquema impresso de uma garrafa térmica para que eles explicassem o funcionamento da garrafa levando-se em conta os processos de transmissão de calor discutidos nas aulas anteriores.
- ii. Na segunda parte foi realizada a leitura de um texto sobre o uso de modelos em ciências.

Os objetivos do professor para esta aula foram discutir os processos de transmissão de calor, de modo a esclarecer possíveis dúvidas e também discutir

sobre as concepções que os estudantes possuem a respeito de modelos em ciências.

Para alcançar estes objetivos, foram utilizadas as seguintes metodologias: discussões no grande grupo a partir de representações esquemáticas e leitura e interpretação de texto, dentro da distribuição de tempo prevista para 50 minutos.

Análise da Quinta Aula

A aula foi planejada com o objetivo de esclarecer possíveis dúvidas dos estudantes acerca dos processos de transmissão de calor e também para identificar e sanar possíveis equívocos observados durante a realização das tarefas anteriores, percebidos pelo professor ao corrigir as tarefas. Essa aula não fazia parte da proposta de sequência didática inicialmente elaborada. Surgiu de uma avaliação que apontou a sua necessidade.

A aula contou com intensa participação dos estudantes e boas discussões foram realizadas, como por exemplo, o cuidado que se deve ter ao escolher as palavras para explicar um fenômeno em uma linguagem científica, de modo que se possa cada vez mais propiciar uma apropriação desse tipo de linguagem.

A discussão sobre o uso de modelos em ciências também foi muito rica. Esse tipo de discussão nunca tinha sido realizado, pois havia um entendimento de que os estudantes já deveriam ter se apropriado desse tema, visto que eles têm outras diversas disciplinas na área de ciências antes do ensino médio e a questão do uso de modelos deveria ser algo presente em todas elas.

O que se percebeu, no entanto, foi que os estudantes tinham muitas dúvidas sobre a concepção de um modelo científico. Com isso, a aula se tornou muito rica, no sentido de esclarecer como a ciência faz uso desses modelos.

Mostrou-se tão importante e esclarecedora que será incorporada ao planejamento para as próximas turmas.

Nesta aula não foi passado nenhum exercício para os estudantes, o objetivo era tirar dúvidas, utilizando o esquema da garrafa térmica do ANEXO A e discutir o texto sobre modelos do (ANEXO B).

AULA 6 – A Física já está construída?

A aula 6 consistiu em uma discussão inicial sobre a emissão de calor por corpos aquecidos e foi estruturada em três partes:

- i. Na primeira parte, entregou-se aos estudantes um roteiro com perguntas para serem respondidas por cada grupo.
- ii. Na segunda parte, mediou-se uma discussão entre os grupos para que eles socializassem suas respostas.
- iii. Na terceira parte da aula foi feita a leitura de um texto de divulgação científica (ANEXO C).

Os objetivos do professor para esta aula foram os seguintes:

- a) Investigar as concepções dos estudantes em relação à emissão de calor por corpos aquecidos;
- b) Discutir quais problemas eram relevantes para o desenvolvimento da indústria na época da revolução industrial e como, a partir da tentativa de solucionar esses problemas, se deu início ao estudo da Física Moderna.

Para alcançar estes objetivos, foram utilizadas as seguintes metodologias: uso de um questionário investigativo sobre as concepções a respeito da relação entre emissão de radiação e a cor dos corpos; debate entre grupos a fim de socializarem impressões a respeito das respostas que deram às perguntas do questionário investigativo e realização da leitura de um texto de divulgação científica, dentro da distribuição de tempo prevista para 50 minutos.

As questões do questionário investigativo foram retomadas após a leitura do texto para nova discussão.

Análise da Sexta Aula

Na primeira parte da aula os estudantes, em grupos, responderam ao questionário investigativo, as questões desta atividade estão descritas na análise das atividades a seguir.

Deve-se lembrar de que nessa aula os estudantes não consultaram nenhum material, além do roteiro.

A seguir estão apresentados quadros resumo com as respostas dos estudantes às sete questões contidas no roteiro investigativo.

Quadro 88 - Respostas para a questão (Q1): Você já observou uma lareira acesa ou um resistor de secador de cabelo ou mesmo um pedaço de carvão em uma churrasqueira? Eles possuem alguma coisa em comum? Descreva que características podem ser atribuídas aos três.

G1	Sim, possuem, a cor vermelha.
G2	Sim. Sim. Ambos ficam quente e adquirem a cor vermelha.
G3	Sim. Todos ficam tão quente que chegam um tom avermelhado.
G4	Sim. Sim. Elas ficam quentes e incandescentes.
G5	Sim. Todos estão incandescentes, grande quantidade de calor, elevada temperatura.

Analisando as respostas é possível perceber que os estudantes do grupo G1 atribuem a característica comum aos três como sendo a cor vermelha. No entanto, não associaram nenhuma outra característica nem deixaram claro se essa cor está conectada com a radiação emitida ou com a temperatura. Os estudantes dos grupos G2 e G3 associaram cor e temperatura. Os dos grupos G4 e G5 pensaram somente em temperatura e usaram o termo incandescente, sem mencionar cor.

Quadro 89 - Respostas para a questão (Q2): Será que a cor indica alguma coisa? O que você acha?

G1	Indica, que ambos os três aquecem e transmitem.
G2	Sim. Lembra o fogo que é vermelho e quente.
G3	Sim. Todos estão em elevada temperatura.
G4	Sim. Significa que está emitindo energia por radiação.
G5	Sim. Quando estão nessas condições indicam grande quantidade de calor e elevada temperatura.

Nesta questão fica evidente que todos os grupos relacionam cor com temperatura alta. Os grupos G1 e G4 ainda percebem que ocorre transmissão de calor. O grupo G5 associa a elevada temperatura com uma grande quantidade de calor, mas não mencionam explicitamente a transmissão.

Quadro 90 - Respostas para a questão (Q3): Você já reparou na cor das estrelas? E do Sol? O que observou?

G1	Sim, sim, também.
G2	Sim. Sim. O sol é amarelo e as estrelas são brancas.
G3	Sim. A olho nu todas parecem ter uma cor esbranquiçada.
G4	Sim. Sim. Elas brilham e transportam energia em forma de luz e calor.
G5	Sim. Que as cores das estrelas apresentam luz incandescente como o amarelo, laranja e o vermelho.

Analisando as respostas pode-se perceber que, exceto o grupo G1, todos os demais reconheceram que as estrelas tem a cor como uma característica. Mas somente G4 e G5 relacionaram a cor com energia em forma de luz e calor.

Quadro 91 - Respostas para a questão (Q4): Lembra-se da cor da chama do fogão a gás da sua casa? Descreva-a.

G1	Sim, ela é multicolorida, um alaranjado e azul.
G2	Sim. Perto da fonte é azul e na ponta fica avermelhada.
G3	Sim. Ela é azul, mas em contato direto com algum objeto ela fica alaranjada.
G4	Sim. A cor da chama é azulada e constante.
G5	Azul em baixo, alaranjado em menor parte na camada superior.

Todos os grupos conseguem fazer uma boa descrição da chama do fogão.

Quadro 92 - Respostas para a questão (Q5): Será que a radiação é visível?

G1	Achamos que Não.
G2	Não.
G3	Não.
G4	Sim. Depende de uma certa quantidade de frequência.
G5	Algumas são visíveis como a luz solar e outras não como a radiação X.

A análise dessas respostas mostra que apenas os grupos G4 e G5 reconhecem que as radiações podem ser visíveis, sendo que o grupo G4 ainda cita a frequência como uma característica importante.

Quadro 93 - Respostas para a questão (Q6): Qual a relevância de se estudar radiações?

G1	Tratamento de doenças (tipo o câncer)
G2	Prevenir doenças como o câncer de pele, conservar o calor do café (como na garrafa térmica).
G3	Podemos prevenir doença e usá-la para o nosso benefício. Ex: Raio X, micro-ondas.
G4	Saber suas origens, suas funções, seus danos e como podem auxiliar no dia a dia.
G5	As radiações são muito importantes, pois elas estão presentes no raio X, a luz solar, no micro-ondas, no rádio, na TV.

Todos os grupos reconhecem a importância de se estudar as radiações, sendo que alguns, G4 e G5, conseguem apresentar ideias mais elaboradas sobre a presença das radiações na vida cotidiana.

Quadro 94 - Respostas para a questão (Q7): As radiações são perigosas?

G1	Depende da sua intensidade e do tipo.
G2	Sim.
G3	Depende do tipo de radiação, frequência e tempo de exposição.
G4	Depende do tipo e da intensidade da radiação, sendo algumas radiações altamente prejudiciais à saúde, como: raios gama e raio X.
G5	Algumas são perigosas como a radiação gama que está presente no lixo atômico, produzido pelas usinas nucleares. Essas radiações podem causar doenças e deformações nos descendentes dos contaminados.

Analisando cada resposta percebe-se que somente o grupo G2 coloca todas as radiações no mesmo patamar, não explicitando claramente se elas podem ter características diferentes. Os outros grupos percebem que cada radiação tem suas próprias características.

Na segunda parte da aula foi mediada uma discussão entre os grupos para que eles socializassem suas respostas. As discussões foram intensas, pois

cada grupo queria falar o que sabia. Deve-se salientar que na hora de escrever, essa empolgação diminuiu o que fica evidente ao se observar as respostas apresentadas nos quadros 87 a 93. Neste momento tomou-se o cuidado de não fornecer respostas prontas, de forma a não influenciar nas atividades subsequentes.

Na terceira parte da aula foi feita a leitura de um texto de divulgação científica (APÊNDICE C).

O texto foi bem recebido pelos estudantes que participaram efetivamente da leitura e das discussões. Como na primeira aula, a leitura ocorreu da seguinte forma: cada estudante lia um parágrafo, depois o professor fazia comentários e também respondia aos questionamentos que surgiam no desenvolvimento da leitura, sendo dessa forma criado um ambiente de interação entre os estudantes, que liam com atenção, pois sabiam que de alguma forma seriam chamados para a discussão ou para dar seu ponto de vista sobre determinado trecho do texto.

A leitura desse texto teve pontos altos que devem ser ressaltados, como por exemplo, chamar a atenção dos estudantes para o fato de que o estudo da radiação do corpo negro começou para resolver um problema da indústria. “Como relacionar a temperatura dos fornos das siderúrgicas com a radiação eletromagnética emitida?” Outro ponto alto foi comparar a radiação emitida por um corpo negro e a radiação emitida pelas janelas dos apartamentos que estavam distantes da sala de aula, pois a aula foi no turno vespertino e os estudantes puderam fazer suas próprias comparações. E, para finalizar, as tentativas de explicações de vários cientistas mostrando como a ciência é construída.

Surpreendentemente, os estudantes aceitaram sem muitas discussões a explicação dada no texto, para a radiação de corpo negro que aparece da seguinte forma:

Planck deu um grande salto intuitivo, abandonando o conceito de emissão contínua de energia e propondo sua substituição. Na proposta de Planck: A energia do oscilador é linearmente proporcional à sua frequência e pode assumir somente certos valores discretos dados por: $E = n.h.f$, onde n assume apenas valores inteiros ($n = 1, 2, 3, \dots$), h é uma constante de proporcionalidade (mais tarde ficou conhecida como constante de Planck) e f é a frequência do oscilador. Hoje n é chamado de número quântico e diz-se que a energia é quantizada (PEREIRA E ZARA, 2013).

Considerações do professor sobre o desenvolvimento das aulas 5 e 6

Usar a garrafa térmica como estratégia para tirar as dúvidas dos estudantes sobre os processos de transmissão de calor se mostrou muito produtivo. As dúvidas mais comuns foram descobertas ao corrigir as tarefas de casa. Nessas correções ficou evidenciado que os estudantes não sabiam o que era um modelo em ciência, bem como apresentaram dificuldades em transpor o que sabiam teoricamente para as práticas que realizaram.

A ideia de falar sobre modelos também se mostrou muito boa e corrigiu os problemas conceituais mais evidentes sobre esse termo, que foram evidenciadas nas respostas dadas as atividades, e por isso a necessidade de saná-los.

Essas foram aulas muito proveitosas, apesar dos estudantes não terem costume com esse tipo de aula e também não estarem familiarizados com uso de texto de divulgação científica. Foi possível perceber que aproveitaram bem o texto, assim como tiveram boas discussões. Fizeram as atividades com empenho e também se pode perceber que o debate foi caloroso sobre radiações.

Os estudantes conseguiram relacionar o que foi ensinado nas discussões sobre física ondulatória, no curso regular, com as discussões sobre radiações. Não mostraram dificuldades com as explicações de Planck, de que a energia é

quantizada e entenderam que as radiações são produzidas, como se fossem por osciladores em Movimento Harmônico Simples.

Questionaram bastante sobre o modelo de corpo negro. Respostas prontas não foram fornecidas, e essas respostas foram sendo dadas com o desenvolvimento da leitura do próprio texto.

Com o uso do texto de divulgação científica consegue-se alcançar os objetivos apresentados por diversos autores, tais como: (ALMEIDA, 1997; (MARTINS et al., 2004; ABREU et al., 2007; FERREIRA; QUEIROZ, 2011; GUERRA; MENEZES, 2009), apresentados na página 56, entre outros.

Não se pode deixar de considerar a importância das discussões, onde se vê presente a interação social entre os estudantes, que relatam seu ponto de vista e ouvem os pontos de vista dos colegas, o que traz para o contexto escolar as mais diversas culturas do cotidiano dos estudantes favorecendo o aumento da cultura no convívio social, daí a importância do professor na mediação dessa forma de apropriação.

Os pedagogos começam a compreender que a tarefa da escola contemporânea não consiste em dar às crianças uma soma de fatos conhecidos, mas em ensiná-las a orientar-se *independentemente* na informação científica e em qualquer outra. Isto significa que a escola deve ensinar os alunos a *pensar*, quer dizer, desenvolver ativamente neles os fundamentos do pensamento contemporâneo para o qual é necessário organizar um ensino que impulse o desenvolvimento. Chamemos esse ensino de *desenvolvimental*. (DAVYDOV, 1988, p.3).

AULAS 7 e 8: Radiação de corpo negro com o simulador PhET

As aulas 7 e 8 consistiram em um estudo sobre a radiação do corpo negro realizado com o auxílio do simulador PhET de radiação de corpo negro³ e foi estruturada em duas partes.

- i. Na primeira parte, foi entregue aos estudantes, que trabalharam em grupos compostos por 4 estudantes, um roteiro com perguntas para que cada grupo as respondesse a partir da simulação.
- ii. Na segunda parte foi entregue um questionário, a ser respondido individualmente como tarefa de casa, relacionado à radiação do corpo negro, também a partir do uso do simulador e dos conhecimentos adquiridos durante a aula.

Esta aula teve os seguintes objetivos para o professor:

- a) Investigar os modelos que os estudantes apresentam para a radiação térmica.
- b) Discutir o modelo de radiação emitida por um corpo negro.

Para alcançar estes objetivos, foram utilizadas como metodologias o uso de um simulador computacional em uma atividade em grupo e a realização de um questionário como tarefa de casa, dentro de um tempo previsto de 100 minutos. Cada grupo dispunha de um computador com a simulação instalada.

³ Disponível em: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>, acessado em 25/06/2015.

Análise da Sétima e Oitava Aulas

Na primeira parte da aula foi entregue aos estudantes um roteiro com perguntas para que cada grupo as respondesse a partir da observação da simulação.

A seguir são apresentados os quadros com um resumo das respostas dos estudantes às questões da atividade.

Quadro 95 - Respostas para a questão (01) - Observando o gráfico da radiação do corpo negro, responda: a) Qual grandeza física é representada no eixo das abscissas? b) Qual grandeza física é representada no eixo das ordenadas?

G1	a) Comprimento de onda b) Intensidade
G2	a) Comprimento de onda(μm) b) Intensidade ($\text{MW} / \text{m}^2 / \mu\text{m}$)
G3	a) Comprimento de onda. b) Intensidade.
G4	a) Comprimento de onda. b) Intensidade.
G5	a) Comprimento de onda. b) Intensidade.

A partir das respostas, é possível perceber que todos os estudantes entenderam as informações contidas nos eixos coordenados, apresentadas na primeira tela da simulação. No entanto, apenas o grupo G2 falou explicitamente sobre as unidades das grandezas contidas em cada eixo.

Quadro 96 - Respostas para a questão (02) - O que você está observando é o espectro de emissão de uma lâmpada incandescente, que é uma boa aproximação para um corpo negro. a) De acordo com suas observações, a lâmpada emite luz visível? Explique; b) Essa lâmpada emite raios X? Explique; c) Qual comprimento de onda tem maior intensidade? Observando o espectro acima, como você classificaria esse comprimento de onda?

G1	a) Sim, obtemos com maior intensidade a cor vermelha, a qual está mais perto do pico, a mistura das outras restantes mais vermelho resultou em um tom alaranjado. b) Não, pois ela emite ultravioleta (10^{-7}) e não raios X (10^{-11}) c) 1.10^{-6} nm, esse comprimento de onda está mais próximo da radiação ultravioleta.
G2	a) Sim, pois a linha do gráfico passa pela parte colorida. b) Não, pois o comprimento de onda mínimo é 3.10^{-7} m, enquanto o do raio X é 1.10^{-10} m. c) O comprimento de $1\mu\text{m}$. Infravermelho.
G3	a) Sim. Pois como a linha da função acima de todas as cores do espectro podemos concluir que a luz é visível a olho nu. b) Não, O comprimento de onda da luz é de 3.10^{-7} m e o comprimento de onda do raio X é de 1.10^{-11} m, logo, não emite raio X. c) 1.10^{-7} m. Uma radiação ultravioleta.
G4	a) Sim. A função passa por cima de todo o espectro de luz visível. b) Não, pois o valor do comprimento de onda do raio X é menor que o do espectro. c) O comprimento de onda entre $0,9\mu\text{m}$ e $1,0\mu\text{m}$. Infravermelho.
G5	a) Sim, porque a lâmpada emite ondas de comprimento entre 4 e $7\mu\text{m}$, que estão dentro do espectro visível. b) Não, porque seu comprimento de onda na maior intensidade é 10^{-6} m, e para que emita raio X precisaria de 10^{-11} m. c) 10^{-6} , infravermelho.

Na análise dessa questão percebe-se que todos os grupos fizeram as observações para os itens a, b e c corretamente. Porém o grupo G1 no item c, respondeu que o comprimento de onda era o ultravioleta, quando na verdade era o infravermelho, mas acharam o valor $1,0 \times 10^{-6}$ nm, o que mostra que a observação estava correta, mas a interpretação do espectro eletromagnético foi equivocada. Os integrantes do grupo G2 no item b analisaram a tabela de

maneira equivocada, fazendo a média aritmética para identificar uma radiação que estava em uma dada faixa de comprimentos de onda. Para o grupo G3 percebeu-se certa dificuldade em analisar o espectro eletromagnético.

Quadro 97 - Respostas para a questão (03) - Ajuste a temperatura em 5600 K (use o zoom na vertical e horizontal). Sabendo que essa é a temperatura aproximada da superfície do Sol, faça o que se pede: a) Compare o comprimento de onda mais intenso produzido pela lâmpada com o comprimento de onda mais intenso produzido pelo Sol. b) O que você percebe observando a radiação emitida pelo Sol e o espectro da luz visível? c) O Sol produz radiação ultravioleta? Explique.

G1	a) Pela onda da lâmpada: $1 \cdot 10^{-6}$ nm; Pela onda do sol: $5 \cdot 10^{-6}$ nm, o comprimento de onda da lâmpada é maior que o do sol. b) A radiação emitida pelo sol abrange todas as cores. c) Sim, pois emite todas as radiações (emite todas as cores).
G2	a) Lâmpada: 10^{-6} m \rightarrow infravermelho \rightarrow invisível; Sol: $5 \cdot 10^{-7}$ m \rightarrow luz azul \rightarrow visível b) Que o sol emite toda as cores do espectro da luz visível. c) Sim, pois o menor comprimento de onda emitido pelo sol ($2 \cdot 10^{-7}$ m), segundo o diagrama e classificado como ultravioleta.
G3	a) $1 \cdot 10^{-7} < 5 \cdot 10^{-7}$; Lâmpada < sol . comprimento de onda da luz solar é 5 vezes maior que o da lâmpada. b) Como podemos observar no espectro da luz visível e na tabela, há uma predominância da radiação azul emitida pelo sol, porém como a diferença é muito pequena e ocorre a função de todas as cores, obtém-se a cor branca. c) Sim, pois o comprimento de onda do sol é $5 \cdot 10^{-7}$; valor muito próximo da radiação ultravioleta.
G4	a) O comprimento mais intenso da lâmpada é $9 \cdot 10^{-7}$ é infravermelho e o comprimento mais intenso do sol é $5 \cdot 10^{-7}$, azul. b) A função mostra que, na temperatura do Sol, a intensidade é mais forte no espectro de luz visível, mostrando que a energia é mais dispersada no comprimento de luz visível. c) Sim, o comprimento de onda do sol chega na radiação ultravioleta.
G5	a) O comprimento de onda mais intenso do sol é metade do da lâmpada. b) Na temperatura do sol é emitido onda de todos os comprimentos possíveis, ou seja, todas as cores, que quando misturados torna-se branco. c) Sim, pois o sol emite ondas de comprimento entre 0,2 e 0,5 μ m.

Na análise dessa questão percebe-se que os integrantes do grupo G1 fizeram as leituras para os itens a, b e c corretamente, porém compararam de forma equivocada que o comprimento de onda da luz emitida era maior que o do Sol. Os integrantes dos grupos G2, G4 e G5, fizeram as leituras corretamente, porém erraram na obtenção do comprimento de onda produzido pelo Sol e não compararam os comprimentos de onda. Os integrantes do grupo G3 também fizeram as leituras corretamente.

Quadro 98 - Respostas para a questão (04) - Construa uma tabela com três colunas, onde uma coluna expresse a temperatura, a outra, o comprimento de onda correspondente ao pico de maior intensidade ($\lambda_{\text{máx}}$) e a outra para representar o produto de $T \times \lambda_{\text{máx}}$. Use temperaturas de 600 K, 1200 K, 2500K, 3500K, 4500K e 5500 K.

Tabela: Valores para $\lambda_{\text{máx}}$ (m) obtidos pelos 5 grupos para cada uma das temperaturas especificadas.

Temperatura (K)	G1	G2	G3	G4	G5
600	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
1200	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
2500	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$
3500	$0,8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-6}$
4500	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$0,65 \cdot 10^{-6}$
5500	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5,5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$

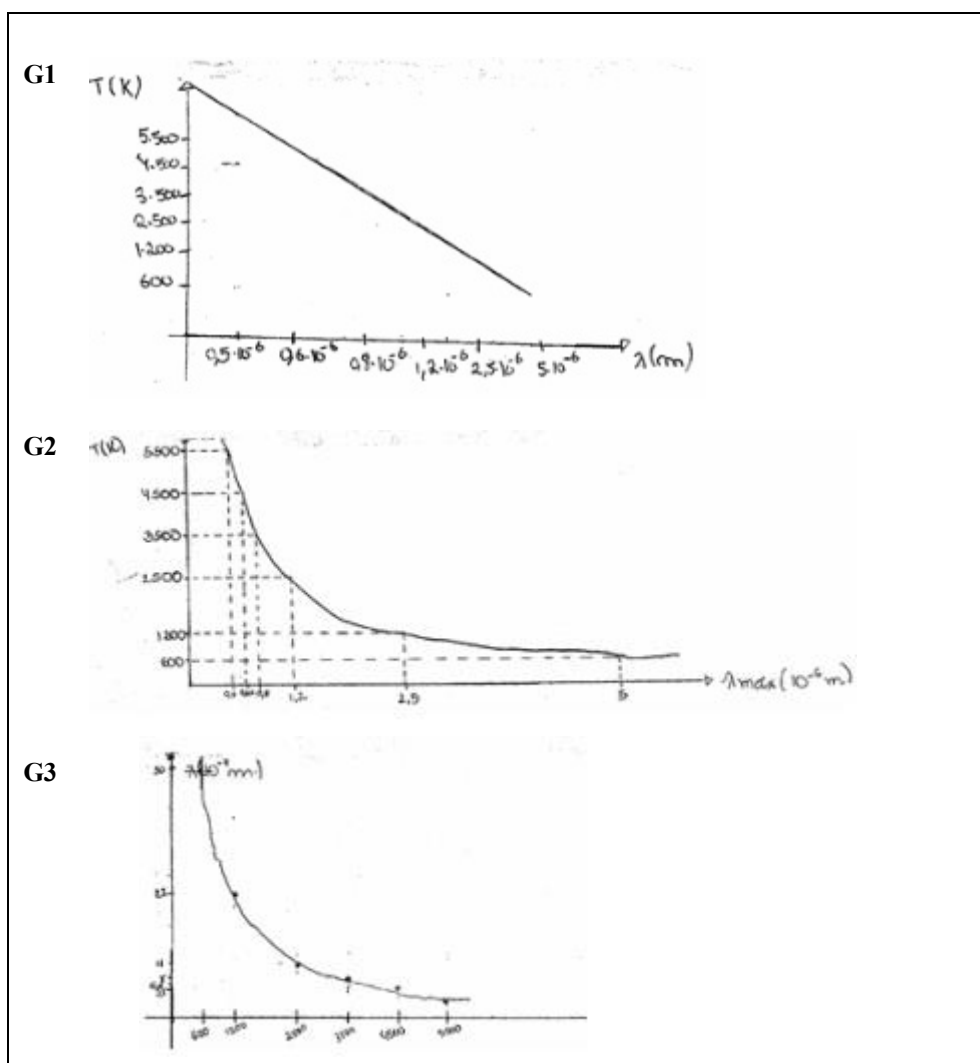
Tabela: Valores para $1/\lambda_{\text{máx}}$ (m K) obtidos pelos 5 grupos para cada uma das temperaturas especificadas.

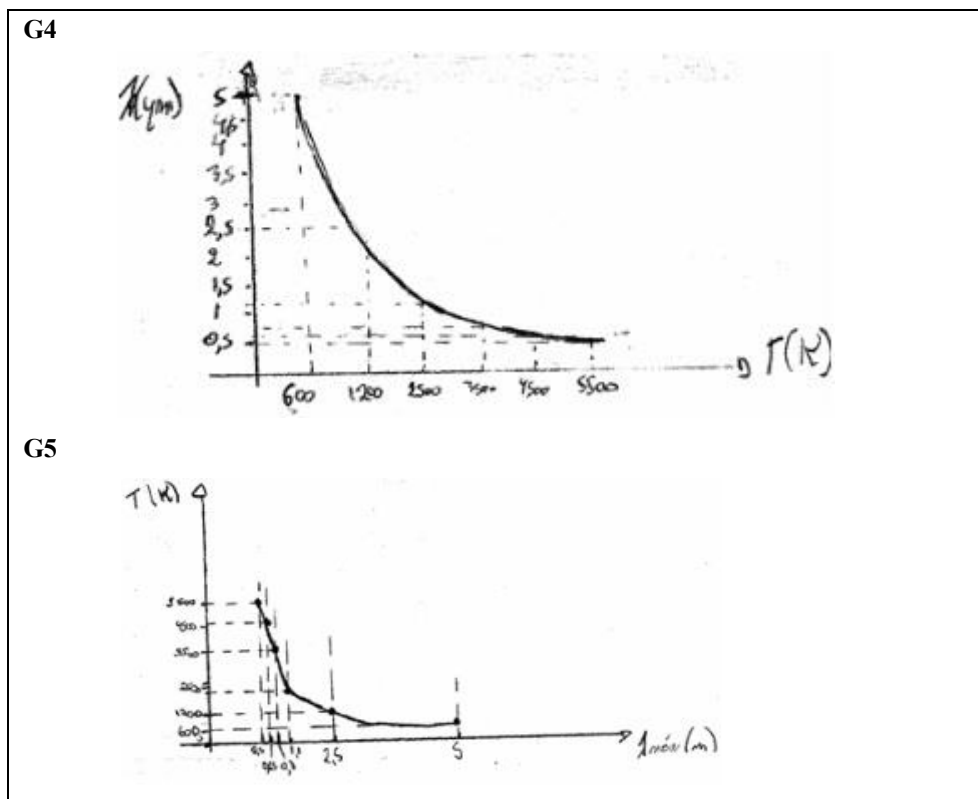
Temperatura (K)	G1	G2	G3	G4	G5
600	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
1200	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
2500	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2,75 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2,75 \cdot 10^{-3}$
3500	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$
4500	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,92 \cdot 10^{-3}$
5500	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2,73 \cdot 10^{-3}$	$2,75 \cdot 10^{-3}$

Os estudantes fizeram as leituras acima e percebe-se que os grupos G3, G4 e G5 não tomaram cuidados com os algarismos significativos, já que colocaram um algarismo além do duvidoso, o que não faz sentido.

A seguir são apresentados os gráficos construídos pelos grupos a partir dos dados que eles obtiveram.

Quadro 99 - Respostas para a questão (05) - Construa o gráfico para representar os dados da tabela.





Na análise dessa questão percebe-se que os integrantes do grupo G1 não observaram que o gráfico deveria representar grandezas inversamente proporcionais, pois o gráfico que construíram foi o de uma reta decrescente. Os grupos G2, G3, G4 e G5, perceberam que o gráfico deveria representar uma relação entre grandezas inversamente proporcionais.

Considerações do professor sobre o desenvolvimento das aulas 7 e 8.

Nessas aulas os estudantes tiveram muitas dúvidas para iniciar a atividade, principalmente com relação a leitura e interpretação do gráfico. Por

causa disso, foi preciso fazer uma pausa e explicar como eles deveriam proceder e isso foi fundamental para que a aula se desenvolvesse bem.

Os estudantes comunicaram-se muito uns com os outros para trocar ideias, o trabalho não ficou restrito ao grupo. Foi muito interessante ver a disposição dos estudantes em fazer essa atividade, talvez a mais trabalhosa até o momento para eles.

A única ressalva que faço com relação a essas aulas é o fato dos estudantes terem muitas atividades, como curso de inglês, academia, dentista, etc., o que se refletia na restrição com o horário de término das aulas. Como no início foi usado um tempo extra para explicar sobre a leitura do gráfico, ocorreu um pequeno atraso com o término da aula e isso fez com que muitos estudantes fizessem a última atividade, que era a construção do gráfico, com certa pressa, o que acarretou em alguns erros que, suponho, não teriam acontecido com um horário mais flexível.

Uma aula dupla é tempo suficiente para a realização dessa atividade, mas vale lembrar que os estudantes têm que levar o aplicativo instalado em seus laptops, caso não haja sala de informática disponível, como foi o caso, pois pode haver problemas com a internet.

A realização dessa atividade foi uma experiência bem diferente - usar um experimento virtual motivou bastante os estudantes. Esse tipo de atividade experimental, com o uso de computadores, só foi possível devido a minha apropriação durante o desenvolvimento de algumas atividades cursando o mestrado. Davydov (1988), explica que:

O exame do enfoque de Vigotski e Leontiev sobre o problema do desenvolvimento mental permite que cheguemos às seguintes conclusões. Primeiro, no sentido mais amplo, a educação e o ensino de uma pessoa não é nada mais que sua “apropriação”, a “reprodução” por ela das capacidades desenvolvidas histórica e socialmente. Segundo, a educação e o ensino (“apropriação”) são as formas universais de desenvolvimento mental do homem.

Terceiro, a “apropriação” e o desenvolvimento não podem ser dois processos independentes, pois se correlacionam com a forma e o conteúdo de um único processo do desenvolvimento mental humano. (DAVYDOV, 1988, p. 57).

No processo de desenvolvimento dessas aulas – 7 e 8, fica evidenciado que a apropriação ocorreu dos dois lados, tanto dos estudantes com a atividade, como o professor ao se apropriar da metodologia, mostrando a importância da formação continuada. Sabe-se também, que em outras oportunidades, possíveis dificuldades serão sanadas pelo aumento da experiência com esse tipo de atividade.

Análise da tarefa para casa referente às aulas 7 e 8

A tarefa para casa, respondida individualmente, consistiu de um questionário para ser respondido com o uso do simulador utilizado nas aulas. A seguir estão às respostas dos estudantes, agrupadas de acordo com os grupos nos quais foram realizadas as atividades das aulas.

Quadro 100 - Respostas para a questão (01) Para as questões abaixo, considere como aproximação a lâmpada e o sol como corpos negros. a) Selecione a temperatura de 3000 K (temperatura aproximada do filamento em uma lâmpada de filamento). Analise o espectro obtido e o utilize para qualificar a eficiência de uma lâmpada de filamento. b) Selecione a temperatura para 5750 K, temperatura aproximada da superfície solar. Analise o espectro emitido pelo sol e o utilize para explicar o fato da maioria dos animais na superfície terrestre enxergarem na “faixa do visível”. c) Selecione a temperatura para 288 K, temperatura aproximada da superfície terrestre. Analise o espectro emitido pela Terra. Use este espectro e o espectro indicado no item anterior para discutir e entender o efeito estufa terrestre.

G1A:	<p>a) Não funcionaria perfeitamente, pois está fora do campo de visão.</p> <p>b) De acordo com o aplicativo, dentro das linhas vermelhas estão os espectros, então os animais conseguem enxergar na faixa.</p> <p>c) Acontece o efeito estufa porque ele está entre essa faixa mínima de intensidade e temperatura.</p>
G1B:	<p>a) Todas as cores ficaram dentro da linha da função, mas a lâmpada esquenta muito, então seu rendimento é baixo.</p> <p>b) A luz é visível, pois as cores estão abaixo da linha da função.</p> <p>c) Na temperatura da Terra a luz não é visível pois os corpos estão acima da linha da função, diferente da luz na temperatura do sol.</p>
G1G:	<p>a) Não seria eficaz, pois no gráfico, a linha está fora do espectro.</p> <p>b) Segundo o simulador, a linha vermelha passa pelo espectro. Assim, os animais conseguem enxergar na “faixa do visível”.</p> <p>c) O efeito estufa acontece pois ele fica entre essa faixa mínima de temperatura e intensidade.</p>
G1T:	<p>a) Obtive $\lambda = 0,10 \mu\text{m}$ e baixa intensidade, por isso a lâmpada de filamento não é eficiente.</p> <p>b) Obtive $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$ e alta intensidade e a junção das cores no espectro resultou na cor branca a qual reflete todas as cores, por isso que a maioria dos animais enxergam na faixa do “visível”.</p> <p>c) Em 288 k, não há radiação “visível”. O efeito estufa é importante para manter o clima da Terra favorável para as plantações, ser possível habitarmos ele etc. Os raios solares entram na atmosfera, atingem o solo e parte deles é refletido, com a ação antrópica, como por exemplo, emissão de aerossóis na camada atmosférica, alguns raios não conseguem sair do nosso planeta, gerando um maior aquecimento da Terra. Os raios solares não estão na faixa do visível, é por isso que não vemos esse aquecimento crescente da Terra, apenas sentimos.</p>
G2E	a) Não fez.

	<p>b) Não fez.</p> <p>c) Não fez.</p>
G2G:	<p>a) Eu classificaria como mediano, pois emite muito calor e não emite todas as cores.</p> <p>b) O sol emite todas as cores do espectro, fazendo com que todos os animais consigam enxergar na faixa do visível.</p> <p>c) Os raios que a Terra emite não são só visíveis pois as cores do espectro não está abaixo da linha do gráfico, diferentemente do Sol.</p>
G2J:	<p>a) As cores ficam abaixo da linha da temperatura, então a lâmpada não poderia esquentar muito e seu rendimento é baixo.</p> <p>b) A luz é visível, porque todas as cores do espectro estão abaixo da função.</p> <p>c) As cores do espectro ficam acima da linha da função quando é a luz à temperatura da Terra (luz não visível), já o Sol não.</p>
G2M:	<p>a) Todas as cores do espectro ficaram abaixo da linha da função nessa temperatura, entretanto, por essa lâmpada esquentar muito, seu rendimento é baixo.</p> <p>b) A luz é visível pois todas as cores do espectro estão abaixo da função.</p> <p>c) A luz à temperatura da Terra não é visível, pois as cores do espectro ficaram acima da linha da função, diferentemente à temperatura do sol.</p>
G3C:	<p>a) Ela não seria eficaz pois a linha está fora do espectro.</p> <p>b) Segundo o simulador, a linha vermelha passa pelo espectro então os animais conseguem ver na faixa do visível.</p> <p>c) O efeito estufa acontece pois ele fica entre essa faixa mínima de temperatura e intensidade.</p>
G3L:	<p>a) Seria eficaz, a linha está fora do espectro.</p> <p>b) Pois uma boa parte do espectro passa por baixo da linha.</p> <p>c) O efeito estufa ocorre porque fica entre a faixa mínima de temperatura e intensidade.</p>
G3M:	<p>a) Todas as cores do espectro ficam abaixo da linha da função nessa temperatura, entretanto, por essa lâmpada esquentar muito, seu rendimento é baixo.</p> <p>b) A luz é visível pois todas as cores do espectro estão abaixo da função.</p> <p>c) A luz à temperatura da Terra não é visível, pois as cores do espectro ficam acima da linha da função, diferentemente à temperatura do Sol.</p>
G3O:	<p>a) Seu rendimento é pequeno devido ao fato da lâmpada esquentar demais, possuindo uma temperatura muito elevada.</p> <p>b) Visível todas as cores, estão abaixo da linha da função, sendo portanto essa luz é visível.</p> <p>c) O efeito estufa se deve ao fato do Sol emitir uma radiação grande, que chega na Terra, esquentando-a, e a Terra esquentando ela também emite radiação e essa chegando na atmosfera é refletida de volta para a Terra</p>

	produzindo assim um efeito semelhante a uma estufa, que tem como objetivo não deixar o calor (radiação) escapar-lhe.
G4A:	<p>a) Ela não seria eficaz, pois a linha está fora do espectro.</p> <p>b) Segundo o simulador, a linha vermelha passa pelo espectro, então os animais conseguem ver na “faixa do visível”.</p> <p>c) O efeito estufa acontece, pois ele fica entre essa faixa mínima de temperatura e intensidade.</p>
G4JV	<p>a) Todas as cores do espectro ficam abaixo da linha da função nessa temperatura, entretanto, essa lâmpada esquentava muito fazendo com que seu rendimento seja baixo.</p> <p>b) A luz visível, porque o espectro da luz visível está abaixo da linha da função.</p> <p>c) A luz que é emitida na temperatura da Terra não é forte o suficiente para se equiparar com o Sol, isso quer dizer que a Terra absorve muito da energia recebida pelo Sol, portanto, essa diferença entre energias é a prova do efeito estufa.</p>
G4J:	<p>a) Ela não seria eficaz, pois a linha está fora do espectro.</p> <p>b) Segundo o simulador, a linha vermelha passa pelo espectro, então os animais conseguem ver na “faixa do visível”.</p> <p>c) O efeito estufa acontece, pois ele fica entre essa faixa mínima de temperatura e intensidade.</p>
G4R:	<p>a) Ela não seria eficaz, pois a linha está fora do espectro.</p> <p>b) Segundo o simulador, a linha vermelha passa pelo espectro, então os animais conseguem ver na “faixa do visível”.</p> <p>c) O efeito estufa acontece, pois ele fica entre essa faixa mínima de temperatura e intensidade.</p>
G5E:	<p>a) Emite luz visível.</p> <p>b) Porque o comprimento de ondas do Sol está dentro do espectro visível.</p> <p>c) Como a Terra não produz luz visível ela armazena a luz solar para não ser somente escuridão em sua superfície.</p>
G5G	<p>a) Não fez.</p> <p>b) Não fez.</p> <p>c) Não fez.</p>
G5L:	<p>a) Nessa temperatura de 3000 K que a lâmpada possui, ela emite radiações cujo os comprimentos de ondas estão dentro da faixa visível, e a cor predominante que a lâmpada emite é um tom avermelhado.</p> <p>b) Na temperatura do Sol, 5750 K é emitido todos os comprimentos de onda possíveis da faixa da luz visível. Quando irradiados na Terra, as ondas eletromagnéticas são absorvidas e refletidas por cada corpo particularmente, isso significa que cada corpo tem uma capacidade de absorver e refletir cada frequência. Sendo todos os comprimentos de onda visíveis emitidos é possível identificar cada corpo e por isso temos a capacidade de enxergar.</p>

c) Com essa temperatura, o Sol emite grande quantidade de energia para a Terra na qual a maior parte é absorvida e transformada em radiação infravermelha como podemos ver na função do gráfico da temperatura de 288 K. Essa radiação é refletida da superfície terrestre para os gases da atmosfera que refletem parte dessa radiação para a Terra novamente. Isso é o efeito estufa, um importante fenômeno físico que a Terra possui para garantir a vida no planeta.

Tabela 19 - Categorias construídas a partir das respostas individuais dos estudantes para a (Q1).

	G1	G2	G3	G4	G5
Não perceberam que a lâmpada tem baixa eficiência.		G2G	G3L		
Relataram que a faixa de radiação do infravermelho está no ponto de máximo.	G1T				
Acharam que a radiação emitida está fora do campo de visão.	G1A e G1G		G3C	G4A, G4J e G4R	
Conseguiram explicar o efeito estufa a partir da análise com o simulador.	G1T		G3O	G4JV	G5L
Não responderam.		G2E			G5E e G5G

Analisando as respostas dadas pelos estudantes a essa primeira questão da tarefa para casa, pode-se destacar o fato de que alguns estudantes não perceberam que a lâmpada tem baixa eficiência, por possuir um espectro de emissão com uma grande região compreendendo radiações infravermelhas. O estudante G2G, por exemplo, respondeu que a eficiência de uma lâmpada de filamento é mediana, mas percebeu que ela emite muito mais “calor”, já o estudante G3L respondeu que acha a lâmpada eficaz, pois a “linha” está fora do espectro.

Os estudantes não deram muito destaque ao fato de que a faixa de radiação do infravermelho é o ponto de máximo da curva de emissão. Outro fato

que se deve salientar é de que muitos estudantes acham que a radiação emitida está fora do campo de visão.

Outro item que merece destaque é o relacionado à explicação do efeito estufa, onde a maioria dos estudantes não conseguiu explicar o fenômeno baseando-se no uso do simulador. Muito do que se trabalhou até o momento com relação ao efeito estufa, está relacionado às leituras e vídeos que foram disponibilizados durante as tarefas. Essas atividades ficaram por conta da curiosidade e da responsabilidade do estudante. Talvez essas respostas reflitam um pouco quem efetivamente fez essa leitura, de modo a terem subsídios para responder à questão.

Outro fato é a dificuldade de transpor o que é aprendido para uma situação prática, mostrando como esse tipo de atividade trás dificuldades para o estudante. Ao analisar esse tipo de atividade devemos ficar atentos ao que explica Davydov (1988):

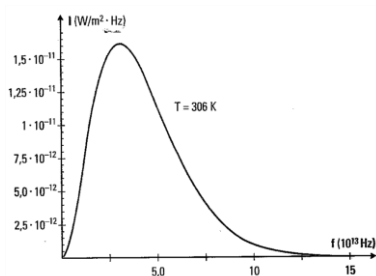
A assimilação do conhecimento teórico que os jovens em idade escolar adquirem através do processo de resolução de tarefas de aprendizagem, por meio de ações apropriadas, requer que estes alunos sejam orientados em direção às relações essenciais entre os itens em estudo. A implementação desta orientação está ligada à reflexão, análise e planejamento substantivos por parte das crianças. A assimilação do conhecimento teórico por estes jovens dá origem às condições que contribuem para a formação destas novas formações psicológicas. (DAVYDOV, 1988, p. 228).

Assim, teria sido melhor que em alguma atividade anterior, ocorresse uma avaliação para se saber se as leituras ocorreram efetivamente, de forma que os estudantes pudessem adquirir meios para sua reflexão em relação à atividade proposta.

Quadro 101 - Respostas para a questão (02) - Suponha que os corpos a seguir irradiem como corpos negros, isto é, que seja válida a Lei do Deslocamento de Wien.

- a pele de uma pessoa à temperatura de $33,0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- uma brasa de carvão a $1\ 530\text{ }^{\circ}\text{C}$.

a) Qual a frequência de máxima intensidade da radiação emitida por esses corpos?



b) Dado o esboço dos gráficos da intensidade da radiação emitida por um corpo negro em função da frequência, para as temperaturas de 306 K e 1 800 K, é possível saber se esses corpos emitem radiação visível? Justifique.

G1A:	a) $1 \cdot 10^{-4}$; $3,2 \cdot 10^{-2}$ b) A pele não, pois no aplicativo a linha vermelha não passa pelo espectro. Já a brasa sim, passa pela linha.
G1B:	a) Pele: $f_{\max}: 3 \cdot 10^{13}\text{ Hz}$ Brasa de Carvão: $I_{\max}: 3 \cdot 10^{-11}\text{ W/m}^2$ b) Na temperatura de 1800k a luz é visível, algumas cores ficam abaixo da linha da função. Na temperatura 306k as cores ficam todas acima da linha da função, então a luz não é visível.
G1G:	a) $1 \cdot 10^{-4}$; $3,2 \cdot 10^{-2}$ b) O fato da linha da função ficar acima de algumas cores do espectro a 1800k nos permite concluir que a luz é visível a essa temperatura, entretanto à 306K todas as cores ficam acima da linha da função, concluindo assim que a luz não é visível.
G1T:	a) Pele: aproximadamente $3 \cdot 10^{13}\text{ Hz}$; brasa: aproximadamente $15 \cdot 10^3\text{ Hz}$ b) Sim, basta olhar a frequência e a temperatura, quanto maior os dois, menos visível é a radiação.
G2E	a) Não fez. b) Não fez.

G2G:	a) Pele: $f_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{13}\text{Hz}$ b) A 1800k conseguimos enxergar, pois todas as cores estão abaixo da linha do gráfico, mas a 306k as cores ficam acima da linha, por isso não conseguimos ver a luz.
G2J:	a) $f_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{13}\text{Hz}$ $I_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{-11}\text{ Hz}$ b) A luz é visível à temperatura de 1800k. A luz não é visível à temperatura de 306K.
G2M:	a) Pele: $f_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{13}\text{Hz}$ $I_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{-11}\text{ W/m}^2$ b) À temperatura de 1800k a luz é visível, algumas cores do espectro ficaram abaixo da linha da função, ao contrário do que acontece à 306K, todas as cores ficam acima da linha da função, por isso não conseguimos ver a luz.
G3C:	a) $1 \cdot 10^{-4}$; $3,2 \cdot 10^{-2}$ b) A pele não, pois a linha vermelha no simulador não passa pelo espectro. A brasa do (não entendi a palavra escrita. conferir)..... sim, pois a linha passa pelo espectro.
G3L:	a) $33,0^\circ \rightarrow 10^{-4}\text{ }^\circ\text{C}$; $1530^\circ \rightarrow 3,2 \cdot 10^{-2}$ b) Sim. Pois o espectro abaixo da linha.
G3M:	a) Pele Brasa de Carvão: $f_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{13}\text{Hz}$ $I_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{-11}\text{ W/m}^2$ b) À temperatura de 1800k a luz é visível, algumas cores do espectro ficam abaixo da linha da função, ao contrário do que acontece à 306k, todas as cores ficam acima da linha da função, por isso não conseguimos ver a luz.
G3O:	a) Pele $f_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{13}\text{Hz}$ $I_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{-11}\text{ W/m}^2$ b) O fato da linha da função ficar acima de algumas cores do espectro à 1800k nos permite concluir que a luz é visível à essa temperatura. Entretanto à 306 K todas as cores ficam acima da linha da função, concluindo assim que a luz não é visível.
G4A:	a) $1 \cdot 10^{-4}$; $3,2 \cdot 10^{-2}$ b) A pele não, pois a linha vermelha no simulador não passa pelo espectro. A brasa do carvão sim, pois a linha passa pelo espectro.
G4JV:	a) Pele Brasa de Carvão: $f_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{13}\text{Hz}$ $I_{\text{máx}}: 3 \cdot 10^{-11}\text{ W/m}^2$ b) À temperatura de 1800k a luz é visível, algumas cores do espectro ficam abaixo da linha da função, ao contrário do que acontece à 306k, todas as cores ficam acima da linha da função, por isso não conseguimos ver a luz.
G4J:	a) $1 \cdot 10^{-4}$; $3,2 \cdot 10^{-2}$ b) A pele não, pois a linha vermelha no simulador não passa pelo espectro. A brasa do carvão sim, pois a linha passa pelo espectro.
G4R:	a) $1 \cdot 10^{-4}$; $3,2 \cdot 10^{-2}$ b) A pele não, pois a linha vermelha no simulador não passa pelo espectro. A brasa do carvão sim, pois a linha passa pelo espectro.

G5E:	a) Pele: 1.10^{-4} Carvão: $3,2.10^{-2}$ b) A pele não, pois não está no espectro visível, o carvão está, logo emite.
G5G	a) Não fez. b) Não fez.
G5L:	a) Usou a Lei do deslocamento de Wien corretamente. b) Não fez.

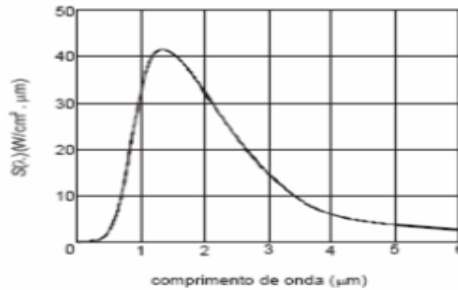
Os estudantes responderam de forma equivocada a essa questão por um erro de interpretação fácil de perceber, ou seja, ao invés de responderem usando a lei do deslocamento, eles usaram o simulador, pois no início das tarefas para casa existe a seguinte consideração: Agora que você conhece melhor como funciona o simulador e as características de emissão de um corpo negro, responda as questões abaixo e entregue na próxima aula. Bom trabalho!

Então os estudantes não perceberam que deviam usar a lei do deslocamento de Wien, com exceção do estudante G3L, e sim que deviam usar o simulador, e para essas temperaturas não se encontram bons resultados. Então fica claro que essa questão deve ser reformulada a fim de atingir maior clareza para não gerar esse tipo de dúvida.

As questões 3 e 4 do questionário foram duas questões objetivas, retiradas de exames nacionais, e são as seguintes:

Questão (03) - (UFRN) A radiação térmica proveniente de uma fornalha de altas temperaturas em equilíbrio térmico, usada para fusão de materiais, pode ser analisada por um espectrômetro. A intensidade da radiação emitida pela fornalha, a uma determinada temperatura, é registrada por esse aparato em função do comprimento de onda da radiação. Daí se obtém a curva espectral apresentada na figura. A análise desse tipo de espectro levou o físico alemão Wilhelm Wien, em 1894, a propor que, quando a intensidade da radiação emitida é máxima, o comprimento de onda associado obedece à expressão: em que $\lambda_{\text{máx}}$ é o comprimento de onda do máximo da curva espectral e T é a

temperatura da fornalha para um determinado espectro. De acordo com essas informações, é correto afirmar que a temperatura da fornalha é, aproximadamente,

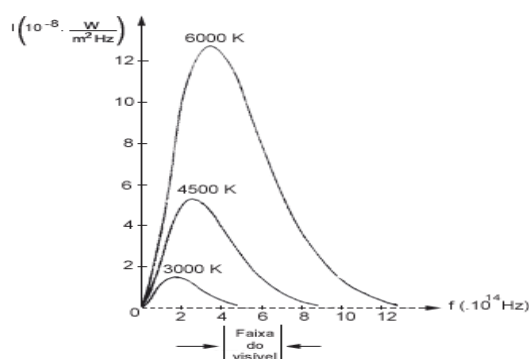


- 2000 K e que $\lambda_{\text{máx}}$ aumenta quando a temperatura aumenta.
- 1500 K e que $\lambda_{\text{máx}}$ diminui quando a temperatura diminui.
- 2000 K e que $\lambda_{\text{máx}}$ diminui quando a temperatura aumenta.
- 1500 K e que $\lambda_{\text{máx}}$ aumenta quando a temperatura diminui.

Na Q3, também cabe uma ressalva, pois ao excluir a Lei de Wien que constava na questão, o estudante não percebeu que deveria usá-la. Tirou-se a Lei, afim de perceber se os estudantes haviam se apropriado da mesma, mas devido ao fato de ocorrer o erro mencionado na interpretação, comentado na questão Q2, os estudantes não a utilizaram, pois era na questão dois, que eles iriam começar a utilizá-la. Mesmo assim, somente com a análise do gráfico, dez estudantes conseguiram acertar, três não fizeram e seis erraram. Cabe ainda o comentário de que o estudante G5L se apropriou da Lei e acertou todos os itens onde foi necessária a sua utilização.

Questão 4: Respostas para a questão (04) - (UFRN) As lâmpadas incandescentes são pouco eficientes no que diz respeito ao processo de iluminação. Com intuito de analisar o espectro de emissão de um filamento de

uma lâmpada incandescente, vamos considerá-lo como sendo semelhante ao de um corpo negro (emissor ideal) que esteja à mesma temperatura do filamento (cerca de 3000 K). Na figura abaixo, temos o espectro de emissão de um corpo negro para diversas temperaturas. Diante das informações e do gráfico, podemos afirmar que, tal como um corpo negro,



- os fótons mais energéticos emitidos por uma lâmpada incandescente ocorrem onde a intensidade é máxima.
- a frequência em que ocorre a emissão máxima independe da temperatura da lâmpada.
- a energia total emitida pela lâmpada diminui com o aumento da temperatura.
- a lâmpada incandescente emite grande parte de sua radiação fora da faixa do visível.

Na Q4, percebe-se que os estudantes conseguiram se apropriar da leitura e interpretação desse tipo de função que exprime como ocorre a emissão de radiação de um corpo negro, pois dezesseis estudantes conseguiram acertar a questão, sendo que dois não fizeram e somente um errou.

Tabela 20 - Respostas individuais dos estudantes para a (Q3 e Q4).

Questões	Acertos	Não fez
3	10	3
4	15	2

Ao se analisar a questão Q3 é possível detectar que todos os estudantes que não acertaram essa questão marcaram a alternativa D.

Essa tarefa mostra que os estudantes se empenharam na sua realização, visto que abriram o simulador em casa e se preocuparam em dar as respostas com o devido cuidado, mas a tarefa apresentou alguns equívocos na sua produção por parte do professor e isso deve ser alterado para futuras avaliações. Mas, mesmo com esses equívocos, percebe-se a apropriação dos estudantes ao interpretarem esse tipo de função. As atividades em grupos dentro da sala surtiram efeitos positivos, pois o número de estudantes que fizeram a tarefa é bastante considerável comparando com o que se tem conseguido com as aulas do curso regular.

AULAS 9 e 10 - apresentação dos estudantes.

Essas aulas foram estruturadas de forma que cada grupo de estudantes apresentasse suas conclusões sobre as atividades realizadas.

Os objetivos do professor para esta aula foram os seguintes:

- a) Identificar as concepções que foram relevantes depois da conclusão das atividades.
- b) Investigar os modelos que os estudantes apresentaram para a mudança de paradigma entre a Física Clássica e a Física Contemporânea.

Para alcançar estes objetivos, foi utilizada a metodologia de apresentação de seminários, com duração de cerca de 20 minutos para cada grupo, totalizando 100 minutos. Após cada apresentação ocorreu um pequeno debate entre os grupos.

Durante o desenvolvimento das atividades das aulas anteriores, alguns textos de divulgação científica foram utilizados e outros foram sugeridos como referência para as apresentações dessa aula (ANEXO C). Qualquer um desses textos poderia ser utilizado nestas apresentações, os grupos de estudantes também tinham a liberdade de pesquisar em outras fontes.

Cabe ressaltar nessa análise que os estudantes nunca haviam participado de uma atividade onde apresentassem um trabalho em forma de seminário e ficou claro o nervosismo da maioria dos estudantes. Eles tinham 20 minutos para fazer a apresentação e a maioria dos estudantes não conseguiu usar esse tempo, pois apresentaram muito rapidamente.

Seguem abaixo os comentários relativos às apresentações.

Apresentação do grupo G1

Esse grupo apresentou o trabalho em aproximadamente quinze minutos, fazendo uso do Datashow e falaram sobre o tema aquecimento global.

A apresentação começou com a fala do estudante GIT, que explicou a diferença entre efeito estufa e aquecimento global. Também falou das divergências entre os grupos de cientistas, ou seja, o grupo que apresenta a teoria de que esse fenômeno é cíclico e o outro grupo que apresenta o aquecimento global como causado pelo homem, através da emissão de gases estufa, pelas fábricas, carros, etc. Enfatizou que esse aumento do efeito estufa pode causar a extinção da vida na Terra.

Logo em seguida o grupo exibiu um vídeo que durou cerca de oito minutos.

Após a exibição do vídeo, o estudante G1B explicou o processo de transmissão de calor por radiação, para explicar o aquecimento global. Falou como ocorre a reflexão e a absorção da energia e associou a cor dos corpos como sendo fator importante na absorção.

O estudante G1A explicou o fenômeno da condução, observando que superfícies como o asfalto conduzem bem o calor, e que esse fenômeno é similar ao visto durante a atividade experimental, onde se usou um tridente para mostrar como se dá o processo de transmissão de calor por condução.

O estudante G1G explicou o fenômeno da convecção, mas fez algumas confusões ao explicar que o ar quente ao subir sai do planeta, no entanto explicou corretamente como ocorrem as correntes de convecção, falando da importância da diferença de densidade para que esse fenômeno ocorra.

Os estudantes usaram um vídeo longo para o tempo total de apresentação, mas mostraram esforço ao tentar associar os processos de transmissão de calor com o aquecimento global. Esse grupo mostrou apropriação de temas como efeito estufa e de como ocorre o aquecimento global, bem como das discussões a respeito desse tema que são realizadas modernamente. Mostrou também apropriação de como ocorrem os processos de transmissão de calor. O grupo se expressou adequadamente, evidenciando apropriação de uma linguagem mais próxima da linguagem científica.

Apresentação dos estudantes do G2

Esse grupo falou sobre o efeito estufa, com o uso do Datashow. Eles apresentaram o trabalho em aproximadamente oito minutos.

A apresentação começou com o estudante G2J, que explicou o que é o Efeito Estufa, apresentado por eles como um fenômeno natural, discorrendo sobre como ele ocorre, sua importância para a vida na Terra, entre outros aspectos.

O estudante G2G usou um slide para ajudar na explicação de como ocorre o balanço da energia que entra na atmosfera e de como ela se distribui, dando exemplos como o da fotossíntese. Usou corretamente os termos reflexão e absorção da energia. Falou dos gases do efeito estufa, CO₂ e vapor de água.

O estudante G2E explicou as causas da intensificação do Efeito Estufa e comentou que existem dois grupos de cientistas com visões diferentes sobre este fenômeno, enquanto um grupo defende que os gases do Efeito estufa, produzidos pelo homem, estão potencializando esse fenômeno, outro grupo defende que a ação do homem é insignificante e que esses fenômenos são cíclicos.

O estudante G2M, explicou que o Efeito estufa é bom, mas que sua intensificação pode trazer algumas consequências, como elevação do nível da água dos oceanos, etc.

Os estudantes passaram um vídeo explicativo do Efeito Estufa, usando somente o início do vídeo, que durou dois minutos e trinta segundos, e encerraram assim sua participação.

O vídeo usado pelos estudantes está descrito abaixo:

MAG - 2/14 - Efeito Estufa

Enviado em 30 de set de 2009

Desenvolvido pela Mamute Mídia.

Categoria: Ciência e Tecnologia

Licença: Licença padrão do youtube

Esse grupo mostrou apropriação de temas como efeito estufa e de como ocorre o aquecimento global, bem como as discussões a respeito desse tema que são realizadas modernamente. Cabe salientar que o grupo G1, apresentou um trabalho sobre aquecimento global, enquanto que o grupo G2 apresentou sobre efeito estufa. Dessa forma, apesar do Grupo G1 ter explicado o efeito estufa rapidamente, mostrando a diferença com o aquecimento global, os temas eram diferentes e os grupos respeitaram os limites do trabalho de um em relação ao outro.

Apresentação dos estudantes do G3

Esse grupo apresentou o trabalho em aproximadamente dez minutos e falaram sobre radiação do corpo negro, também fazendo uso do Datashow. O estudante G3O não pode participar da apresentação, pois se encontrava com problemas de saúde. Esse estudante foi ativo em todo o processo, dessa forma lamentamos sua falta.

Os estudantes tiveram participação ativa, revezando-se nos comentários e informações de forma dinâmica.

O estudante G3M começou explicando o que é radiação de forma geral, então o estudante G3C explicou o que é um corpo negro e G3M deu um exemplo usado na aula 06, onde se comparava o corpo negro com uma janela de apartamento vista ao longe, já G3L completou a explicação e mais uma vez G3M participou, falando que corpo negro não tem necessariamente a cor preta.

G3M e G3L explicaram que o estudo das radiações se tornou mais efetivo quando os cientistas tentaram explicar a relação entre temperatura, intensidade de luz emitida e sua frequência, afim de medir com mais precisão a temperatura de fornos na siderurgia.

Nessa parte da apresentação G3L deu explicações sobre a Lei de Stefan-Boltzmann, que estudava a energia emitida por corpos aquecidos, falou sobre o poder emissor do corpo negro, mostrando a relação matemática desenvolvida ($P = \epsilon A \sigma T^4$), também deram destaque para as unidades de medidas no sistema internacional para cada uma das grandezas físicas envolvidas na expressão.

O estudante G3M explicou a Lei de Wien, mostrando a relação matemática, bem como as relações de proporcionalidade entre as grandezas físicas envolvidas ($\lambda_{\text{máx}}.T = 2,898.10^{-3}\text{m.K}$), também se preocupou com as unidades de medidas no sistema internacional para cada uma das grandezas físicas envolvidas na expressão. G3M também deu destaque à presença do comprimento de onda na expressão, dizendo que foi a primeira vez que usaram o comprimento de onda em uma relação para explicar os fenômenos relacionados à radiação. Explicou também que essa lei pode ser usada para determinar a temperatura de estrelas pela análise de sua cor, nesse momento abriu o simulador PhET e mostrou como isso pode ser feito.

G3M e G3L explicaram as limitações dessa expressão e explicaram a “catástrofe do ultravioleta”, constatando assim, a necessidade de uma melhor explicação para esse fenômeno.

G3L falou que foi Planck quem conseguiu a melhor explicação, apesar de no início parecer estranha, mas que a função matemática funcionava bem para qualquer frequência. G3C explicou que a idealização do corpo negro foi importante para se chegar à essas conclusões e que as explicações foram conquistadas com muito trabalho, mencionou de novo a janela como exemplo de visualização do corpo negro.

G3L falou que foi Einstein quem explicou que a radiação é transportada em pacotes de energia e, sem mais detalhes, encerraram a apresentação.

Foi possível perceber ao longo da apresentação a importância que teve o texto de divulgação científica utilizado na aula 06.

Esse grupo mostrou muita aplicação no desenvolvimento dessa atividade e apesar da falta de um dos integrantes fizeram um ótimo trabalho, onde mostraram apropriação dos temas discutidos na apresentação.

Uma característica a se destacar nesse grupo foi com relação à interação social, onde se percebe nitidamente a participação de todos na construção do conhecimento, na divisão de tarefas, inclusive do estudante que não pode comparecer por motivo de saúde. A linguagem científica empregada durante a apresentação mostra o quanto esses estudantes se apropriaram dos termos científicos e da teoria apresentada, cumprindo de forma muito satisfatória aos objetivos do trabalho.

Apresentação dos estudantes do G4:

Esse grupo apresentou o trabalho em aproximadamente quinze minutos, falando sobre radiações e também fizeram uso de Datashow.

O estudante G4JV explicou o que é radiação e deu alguns exemplos. Explicou que a energia viaja em forma de pacotes de energia de acordo com a frequência e que essa explicação foi dada por Planck, iniciando-se assim a Física Quântica e que Einstein explicou que cada pacote tem a mesma energia.

O estudante G4R falou sobre a radiação solar e o espectro das radiações. Explicou a relação das radiações com a frequência e da interação dessas radiações com o nosso corpo.

O estudante G4J falou das vantagens e desvantagens das radiações. Como vantagens citaram os tratamentos médicos, os celulares, rádios, micro-ondas e como desvantagem as doenças provocadas pelas radiações.

O estudante G4JV fez outra participação explicando o espectro eletromagnético.

O estudante G4A deu explicações sobre o desastre de Goiânia com o Césio e relatou fatos ocorridos na época referente às vítimas desse desastre.

Os estudantes do grupo G4 fizeram vários comentários sobre esse acidente e finalizaram a apresentação.

Esse grupo mostrou aplicação no desenvolvimento dessa atividade, mostrando apropriação do tema discutido na apresentação.

O mais importante do trabalho desse grupo foi a apropriação dos termos ligados à linguagem científica, bem como a ligação que fizeram entre a teoria das radiações com fenômenos do cotidiano, deve-se destacar o comprometimento do grupo ao realizar essa atividade, pois a maioria dos estudantes desse grupo, não têm uma participação efetiva nas aulas do curso regular, mostrando que essas atividades conseguiram mudar a postura desse estudantes frente ao processo de apropriação dos conhecimentos. Eles deram muito destaque ao acidente de Goiânia, mostrando o quanto o fato do desconhecimento científico foi capaz de produzir um desastre com tamanhas proporções. O texto de divulgação científica se mostrou muito relevante na construção do conhecimento desse grupo.

Apresentação dos estudantes do G5

Esse grupo apresentou o trabalho em aproximadamente dez minutos falando sobre as diferenças entre a Física Clássica e a Física Contemporânea. Não fizeram uso de Datashow, mas os estudantes usaram textos escritos, onde fizeram leituras desses textos durante as suas apresentações.

A apresentação começou com o estudante G5G que, lendo um texto, explicou o que é Física segundo o dicionário. Disse equivocadamente que a Física é dividida em duas grandes áreas, que são Física Clássica e Física Moderna. Logo depois explicou que os cientistas até o século dezenove achavam

que a Física estava concluída e não tinha mais nada a ser descoberto. Disse que a busca por explicações dos fenômenos que ocorrem a altas velocidades e também os fenômenos envolvendo micropartículas fez surgir a Física Moderna. Esse estudante também fez referências à importância de se estudar Física, não só como um conjunto de fórmulas, mas como uma ciência presente no dia a dia das pessoas e como exemplo citou os movimentos, a gravidade e o estudo das ondas associados a televisão, etc.

O estudante G5E começou dizendo que não existe Física mais importante que outra, e narrou as áreas desenvolvidas pela Física Clássica, gastando muito tempo falando de matérias que já foram tratadas no curso regular, como mecânica, termodinâmica, ondulatória, eletromagnetismo, etc. Terminou sua participação falando que alguns fenômenos não podiam ser explicados pela Física Clássica, tais como, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, e por isso surgiu a Física Moderna.

O estudante G5L iniciou suas explicações com a parte relacionada à Física Moderna, onde disse que a mecânica quântica é uma Física probabilística, e que não temos como precisar a posição do elétron, pois o fato de tentar saber onde ele está, provoca o colapso da função de onda, e que isso é o Princípio da Incerteza de Heisenberg, disse também que as leis da mecânica quântica são muito diferentes e que para que essas teorias fossem desenvolvidas foi necessário que os cientistas mudassem alguns conceitos como os de espaço, tempo, localidade, trajetória e por isso ela tinha “vencido” a Física Clássica.

Até esse ponto foi possível perceber vários equívocos, mas não ocorreu nenhuma interferência na apresentação afim de não produzir nenhum tipo de constrangimento, já que os estudantes estavam falando de temas que eles pesquisaram, mostrando como eles entenderam, já que nenhum desses assuntos havia sido desenvolvido durante as atividades e nem em aulas regulares.

Na continuação da apresentação o estudante G5L disse que o início da Física Moderna foi para resolver dois problemas que a Física Clássica não tinha resolvido que era a radiação do corpo negro e o efeito fotoelétrico. Nesse ponto observa-se que o estudante não percebeu que estava falando de um único problema, e não de dois, como narrado.

Logo na continuação da apresentação, o estudante G5L narrou que quem explicou o fenômeno da radiação do corpo negro foi Planck, através da quantização da energia e que a energia não era emitida de forma contínua como se pensava e que Einstein, usando essa mesma ideia, conseguiu explicar o efeito fotoelétrico. Disse que quando a gente emite uma luz num cabo que está passando corrente elétrica devido a uma frequência específica, essa luz repele esses elétrons e não deixa que a corrente passe. Que devido a essas ideias foi possível que outros físicos como Bohr e Dirac construíssem a mecânica quântica, fazendo suas leis.

Ressalta-se que o estudante fez muitas confusões, fazendo várias inferências precipitadas e falsas, mostrando que o tema estudado necessita de futuras intervenções para sanar esses equívocos.

O estudante G5L continuou a apresentação falando que no mesmo ano em que Einstein criou a teoria do efeito fotoelétrico ele também criou a teoria da relatividade restrita, que veio para resolver um problema que a Física Clássica não conseguia resolver, relacionado ao eletromagnetismo e a velocidade das ondas eletromagnéticas, que tem velocidade de trezentos mil quilômetros por segundo, e nada no universo pode ultrapassar essa velocidade. Nada falou sobre referenciais, e continuou dizendo que para a luz ficar sempre nessa velocidade foi necessário criar a teoria da relatividade restrita, onde tempo e espaço são relativos, eles não são absolutos como na Física Clássica.

Dessa forma Einstein criou uma nova entidade, o conceito de espaço-tempo, onde um depende do outro. Disse que dez anos depois Einstein foi mais

além, dizendo que o conceito de espaço-tempo podia explicar a gravidade, diferente de Newton que não sabia o motivo para a existência da gravidade. Narrou que Einstein conseguiu explicar que um corpo de grande massa pode curvar o espaço aglutinando as matérias, fazendo com que as matérias se atraiam entre si. Disse também que um dos maiores enigmas da Física hoje é juntar as duas teorias, a teoria da mecânica quântica e a teoria da relatividade. Disse também que as duas teorias são bem diferentes uma da outra, enquanto a teoria quântica explica o eletromagnetismo, a força fraca e a força forte, isso não ocorre na relatividade. A relatividade explica como a gravidade afeta os fenômenos. Enquanto a mecânica quântica explica o micro a relatividade explica o macro e hoje o que se procura é uma teoria que explique tudo, juntando essas duas teorias.

Considerando o aproveitamento escolar durante as aulas do curso regular, esse grupo é composto por dois estudantes com auto rendimento, por isso esperava-se uma apresentação muito boa, o que não aconteceu, pois leram muito durante a apresentação, mostrando que não haviam se preparado adequadamente. O estudante G5L utilizou metade do tempo da apresentação e sua apresentação foi cheia de equívocos, mas como grupo, mostraram que pesquisaram o tema.

Esse grupo não mostrou apropriação dos temas apresentados, porém não se pode questionar que pesquisaram e tentaram dar suas interpretações a assuntos que não são de fácil entendimento, e isso serve para futuras intervenções por parte do professor.

Nas apresentações percebeu-se que todos os grupos se empenharam e que esse tipo de atividade pode ser um caminho para futuros projetos.

Considerações do professor sobre o desenvolvimento das aulas 9 e 10

As apresentações realizadas pelos estudantes nas aulas 9 e 10, foram surpreendentes em vários aspectos que passo a descrever. Eu nunca havia usado o procedimento de deixar os estudantes fazerem apresentações, fiquei surpreso com a pesquisa e o trabalho que produziram. Outro ponto que destaco é que as apresentações colocam o estudante em uma situação passiva no início das atividades e que essa postura deve ser trabalhada, para que se altere esse comportamento, de forma a torná-los os protagonistas do processo. Estudantes que não tinham bom aproveitamento, nas aulas do curso regular, fizeram apresentações que mostram uma melhoria significativa não só no modo como se apropriaram dos conhecimentos científicos, como também na postura frente ao processo de aprendizagem. Destaco também que para o professor fica mais claro o diagnóstico de possíveis falhas no processo de apropriação da teoria pelos estudantes, mediando de forma mais efetiva a construção do conhecimento teórico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolver um trabalho pedagógico, pensando em uma forma de contribuir para o desenvolvimento dos estudantes frente ao processo de ensino-aprendizagem, é muito gratificante e também extenuante, pois inúmeras leituras são necessárias para que possamos nos apropriar de metodologias, que por vezes, nem imaginamos o quanto são estudadas e testadas para garantir a sua eficácia. O esforço para a apropriação das teorias de aprendizagem, que neste caso foram as teorias histórico-cultural e do ensino desenvolvimental, melhoraram a postura do professor frente aos processos de ensino-aprendizagem.

No desenvolvimento deste trabalho ficou perceptível como os estudantes, ao interagirem uns com os outros, se mostraram mais interessados na realização das atividades. Este fato pode ser observado diversas vezes ao se ouvir discussão nos corredores da escola como será mencionado mais adiante, sobre os temas e as práticas utilizadas. Apesar de serem estudantes muito motivados pela escola e pelas famílias, essas discussões não são muito comuns com relação as aulas regulares.

As discussões produzidas pelos estudantes, bem como a efetiva participação durante a realização das atividades, a fim de construírem as melhores respostas, mostraram uma mudança de postura, quando comparada ao tipo de participação que eles têm nas aulas regulares, que são de caráter tradicional, conteudista. Vários deles se mostraram muito mais receptivos a este tipo de metodologia de ensino, o que refletiu nos resultados alcançados por eles.

As metodologias diversificadas usadas, tais como trabalhos em grupos, leitura de textos de divulgação científica, realização de experimentos, com aporte teórico das teorias de aprendizagem supracitadas, se mostraram eficazes, como se pode perceber na análise dos resultados feitos aula a aula, o que mostra que se alcançou o objetivo específico de *“Verificar se a nova abordagem*

didática utilizada é capaz de promover debates e participação efetiva dos estudantes na construção do conhecimento.” Durante o desenvolvimento das atividades se observou a socialização, com trocas de informações, discussões, valorização dos conhecimentos trazidos previamente por eles. Há de se ressaltar também a importância da mediação feita pelo professor, não dando respostas prontas e sim indicando caminhos para que os estudantes conseguissem alcançar suas próprias conclusões.

O texto de divulgação científica foi utilizado inicialmente para apresentar as condições históricas presentes quando da construção dos conceitos de calor, temperatura e energia interna, bem como as teorias iniciais que tentaram dar as primeiras explicações, como a teoria do calórico, por exemplo. Desejava-se com essa metodologia mostrar ao estudante como os conceitos surgem, apresentando para eles um pouco do processo de se fazer ciência. Pode-se perceber que as dúvidas que apareceram nas discussões são dúvidas históricas, o que permitiu que o professor entendesse melhor a origem da dúvida do estudante, fazendo com que ele próprio percebesse que o seu raciocínio fazia sentido do ponto de vista da construção do conhecimento. O que se pode verificar é que esses textos foram ótimos para promover discussões e debates, de forma que o conhecimento ocorresse de maneira socializada, atendendo aos ensinamentos de Davydov.

Os experimentos foram realizados de forma que os estudantes respondessem às questões investigativas sobre calor, temperatura e processos de transmissão de calor. Essas respostas nos orientaram na forma como eles estavam usando os conceitos no seu cotidiano e nos surpreendeu o quão difícil é para esses estudantes transporem o que aprenderam em sala de aula para as suas vidas.

Deve-se lembrar de que é necessário calma nessa mudança de postura, ou seja, de um professor acostumado com aulas tradicionais para um professor

alinhado às teorias de aprendizagem aqui utilizadas como aporte teórico, pois pode ocorrer que depois de uma atividade, as respostas dos estudantes não sejam aquelas esperadas por um professor acostumado com respostas prontas, como em um livro didático ou em sistemas apostilados, que por vezes ocorrem nas aulas regulares. Deve-se ter calma, pois o conhecimento não acontece com a rapidez que queremos a de se respeitar o tempo dos estudantes.

As respostas aos questionários de cunho investigativo, que acompanharam os experimentos, serviram como referências no sentido de corrigir eventuais erros conceituais, assim também foi alcançado o objetivo específico de: *“Analisar como os estudantes relacionam as atividades experimentais aos processos de transmissão de calor e aos fenômenos climáticos contribuindo para sua formação cidadã e tomada de atitudes.”* As atividades realizadas em grupo oportunizaram condições dos estudantes interagirem e trocarem experiências de modo a se tornarem cidadãos mais colaborativos, como visto em uma das questões das tarefas de casa referentes às aulas 2, 3 e 4, onde se perguntou: *“Um amigo seu reclamou que no verão o interior de sua casa é muito quente, devido à laje do teto de sua casa ser exposta ao Sol. Ele disse também que seu pai não tem condições financeiras para cobrir a laje com telhado. Qual dica você daria a ele para que sua família tivesse um melhor conforto térmico? Explique.”* Para responder a esta questão os estudantes discutiram em seu grupo e com outros grupos, bem como fora da sala de aula socializando o debate, inclusive durante as aulas regulares.

Pode-se concluir que a inserção do tema radiação do corpo negro ocorreu, logo depois de todo o cenário montado, onde os estudantes discutiram na aula 6 questões como: *“Você já observou uma lareira acesa ou um resistor de secador de cabelo ou mesmo um pedaço de carvão em uma churrasqueira? Eles possuem alguma coisa em comum? Descreva que características podem ser atribuídas aos três.”* *“Será que a cor indica alguma coisa? O que você acha?”*

“Você já reparou na cor das estrelas? E do Sol? O que observou?” “Lembra-se da cor da chama do fogão a gás da sua casa? Descreva-a.” “As radiações são perigosas?” Depois de intenso debate entre todos os participantes, o caminho ficou preparado para a leitura de um texto, onde apareceram as ideias de quantização de Planck relacionadas ao corpo negro, mostrando as bases onde se iniciou a Física Quântica. Nesse ponto foi alcançado o objetivo específico de: *“Verificar como textos de divulgação científica podem contribuir para o desenvolvimento e discussão de tópicos de Física Moderna”*.

Revisitando a questão orientadora: *“Considerando as relações entre os conteúdos, o cotidiano e a forma de se fazer ciência, essas abordagens metodológicas contribuem de maneira significativa para o debate e a construção das ideias relativas aos conceitos relacionados a quebra de paradigmas entre Física Clássica e Física Moderna?”*

Para responder a essa pergunta deve-se fazer algumas considerações, pois se percebe pelas atividades desenvolvidas sobre os processos de transmissão de calor, o empenho que os estudantes tiveram na realização das tarefas, como visto no desenvolvimento do trabalho. Os estudantes fizeram uma pesquisa para que o seminário fosse bem apresentado, assim as condições para a inserção de Física Moderna foram alcançadas, atendendo ao objetivo específico de: *“Identificar como os estudantes reagem à estratégia de se usar temas tradicionais de Física Clássica para se chegar à Física Contemporânea, enfatizando a ideia de uma ciência em construção permanente.”* Cabe salientar que nada evidencia se os estudantes entenderam as quebras de paradigmas. Mas vale lembrar que o trabalho é importante para se conseguir as condições para que ocorra o debate sobre estes temas. Resultados como esse necessitam de tempo para se saber de que forma os estudantes se apropriaram dos assuntos debatidos.

Espera-se que esse trabalho possa auxiliar outros professores que desejem inserir esse tema nas suas aulas e que mudanças possam ser feitas pelos que utilizarem o material das aulas, para atender as particularidades de cada escola ou região.

Por vezes, os professores se encontram absortos em seu trabalho, principalmente com a carga horária a que são submetidos, não tendo tempo para aprofundar os estudos em metodologias de ensino diferenciadas. Daí a necessidade de se oportunizar uma formação continuada, de forma a garantir aos professores acesso ao que se tem pesquisado nas suas áreas de atuação. Somente com esse suporte das universidades, onde se desenvolvem pesquisas na área de educação, é que o professor tem uma chance de aprimorar seu trabalho, visto que na grande maioria dos casos os professores se encontram sozinhos em determinada região do país, sem a menor possibilidade de atualização e trocas de experiências com seus pares, sobrecarregados com uma alta carga de trabalho o que também inviabiliza qualquer tentativa de formação continuada.

A realização deste trabalho foi muito importante para a formação pessoal do autor do projeto, acostumado com aulas mais tradicionais onde a preocupação fica muito em torno de levar o estudante a alcançar boas notas no Enem. Assim, ao se desenvolver o trabalho percebeu-se que a elaboração das atividades experimentais são mais fáceis no papel do que na sua execução, onde aparecem vários problemas até que fiquem prontas para serem utilizadas. Mas isso contribui muito para que professores e estudantes percebam como ocorre o fazer ciência. Os questionários com cunho investigativo é que encaminham o estudante para o pensar científico, deixando de lado aqueles modelos de experimentos do tipo comprovar que a ciência e a explicação do professor estão corretas. Descobrir a importância dos textos de divulgação científica e como usá-los em sala de aula foi surpreendente. Tudo isso foi enriquecedor para se melhorar como professor, mas confesso que a apropriação, ou melhor, o início

da apropriação das teorias de aprendizagem que deram suporte a esse trabalho são as mais enriquecedoras, principalmente depois de tanta relutância em considerá-las importantes.

Espero que este trabalho possa contribuir de alguma forma para melhorar o ensino de Física em nosso país, mesmo que seja uma contribuição pequena, pois ele foi desenvolvido com paixão pelo ensino.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. J. P. **Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático.** Cad. Cat. Ens. Fis., 17 (2): 174-188. (2000).
- ALVES-MAZZOTTI, A. J., GEWANDSZNAJDER, F., **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa.** 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.
- ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Rev. Bras. Ens. Fis., São Paulo, v. 25, n. 2, 2003.
- BARDIN, L., **Análise de conteúdo.** Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. *Lisboa*: Edições 70, 1977.
- BRASIL, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília: DF, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. **As práticas experimentais no ensino de Física.** In: CARVALHO, A. M. P. (coord) *Ensino de Física.* São Paulo: Cengage Learning. 2010. P. 53-77
- CARVALHO, A. M. P., PEREZ, D. G., O saber e o saber fazer dos professores. *In: Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média.* São Paulo: Pioneira. Amélia Domingues de Castro, Anna Maria Pessoa de Carvalho (Ed.), 2001. p.107-124.
- CARVALHO, A. M. P. *et. al.* **Termodinâmica: Um ensino por investigação.** São Paulo: Universidade de São Paulo – Faculdade de Educação, 1999.
- CAVALCANTE, M. A.; HAAG, R. **Corpo negro e determinação experimental da constante de Planck.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 3, p. 343-348, 2005.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais.** 8. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B. Discussão conceitual para o equilíbrio térmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 176-193, jan. 2004. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6431>>. Acesso em: 21 mar. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/6431>.

DIONÍSIO, P. H. **Albert Einstein e a física quântica**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 22, n. 2, p. 147-164, 2005. Disponível em: Acesso em: 09 jan. 2014.

FERREIRA, L; QUEIROZ, S. **Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão**. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 5, n. 1, p. 3-31, maio 2012.

GOMES, L. C. **A ascensão e queda da teoria do calórico**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 1030-1073, 2012.

GONÇALVES, L. J.; VEIT, E. A.; SILVEIRA, F. L. **Textos, animações e vídeos para o ensino-aprendizagem de física térmica no ensino médio**. Experiências em Ensino de Ciências, v.1, n. 1, p. 33-42, 2006.

HIGA, I., OLIVEIRA, O. B.; A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educ. rev.** [online]. 2012, n.44, pp.75-92. ISSN 0104-4060. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-40602012000200006>

LIBÂNEO, J. C., FREITAS, R. A. M. M. **Vygotsky, Leontiev, Davydov: três aportes teóricos para a Teoria Histórico-Cultural e suas contribuições para a Didática**. *Revista Brasileira de Educação*, n. 27, 2004.

LIBÂNEO, J. C. **A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a Teoria Histórico-Cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov**. *Revista Brasileira de Educação*, n. 27, 2004.

LIBÂNEO, J. C. (2009). **Conteúdos, formação de competências cognitivas e ensino com pesquisa: unindo ensino e modos de investigação**. *Cadernos de Pedagogia Universitária*, 10, art 5.

LOCH, J.; GARCIA, N. M. D. **Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Médio**. Encontro Nacional de Pesquisa em Ciências, Florianópolis, 2000.

MICHELENA, J. B.; MORS, P. M. **Física térmica: uma abordagem histórica e experimental.** Textos de apoio ao professor de física, v.19, n.5, p. 08 – 24, 2008.

MOREIRA, A. C. S.; PENIDO, M. C. M. **Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de Física.** In.: Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis, 2009. Disponível em: Acesso: 07 de fev. de 2013.

OLIVEIRA, R. C. **Química e cidadania: uma abordagem a partir do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009, p.14-19

PEREIRA, P.; OSTERMANN, F. **Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente.** Investigações Ensino de Ciências, v. 14, n. 3, 2009.

PEREIRA, S. J., ZARA, R. A. Salto Quântico e a Constante de Planck. In: *Elaboração da Produção Didática-Pedagógica*, Paraná: UNIOESTE, s/data. Disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1971-6.pdf>, acessado em 08 de dezembro de 2015.

PERALTA, L. R. **Deteção da radiação térmica emitida por um filamento de tungstênio aquecido.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física 38.1 (2016).

PINTO, A. C., ZANETIC, J. **É possível levar a Física Quântica para o ensino médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado.** Tradução de Cláudia Schilling. Porto Alegre: Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

SANTOS, M. **Os Deficientes Cívicos. Folha on Line – Brasil 500.** Disponível em www.uol.com.br/fof/brasil500. Acesso em 31/01/03.

SONZA, A. P. **Uma introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado. Santa Maria, 2007.

SOUZA JÚNIOR *et. al.*, **Análise de conteúdo como forma de tratamento dos dados numa pesquisa qualitativa em Educação Física escolar. Artigos Originais.** Movimento, Porto Alegre, v. 16, n. 03, p. 31-49, julho/setembro de 2010.

TERRAZZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TERRAZZAN, E. A.; GABANA, M. **Um estudo sobre o uso de atividade didática com texto de divulgação científica em aulas de física.** Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. **Ensinando física moderna no ensino médio: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, p. 359-371, nov. 2004. ed. esp.

VICENTINI, A. *et. al.*, **Instrumentação para o Ensino de Física Moderna e sua Inserção em Escola de Ensino Médio – Relato de Experiência.** Experiências em Ensino de Ciências – V.6, n.3, 2011, p. 38-44.

ZABALA, A. **A prática educativa.** Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

ZACCARELLI, L. M., GODOY, A. S. **Perspectivas do uso de diários nas pesquisas em organizações.** *Cadernos. EBAPE.BR* [online], vol.8, n.3, 2003, p. 550-563.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica.** Campinas: Autores Associados, 2001.

ZANON, L. B., SILVA, L. H. **A experimentação no ensino de Ciências.** *In:* SCHNETZLER, R. P., ARAGÃO, R. M. R. **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens.** Campinas: Vieira Gráfica e Editora Ltda., 2000, 182 p.

WESENDONK, F. S.; PRADO, L. **Atividade Didática Baseada em Experimento: Discutindo a Implementação de uma Proposta Investigativa Para o Ensino de Física.** Experiências em Ensino de Ciências – V.10, n.3, 2015, p.54-80.

APÊNDICE A - TEXTO UTILIZADO NA AULA 1

CALOR: UMA FORMA DE ENERGIA

(Adaptado de MARQUES, N. L. R. & ARAUJO, I. S. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 20, nº 5).

1. Energia

A origem do termo **energia** é a palavra grega “*érgon*”, que significa trabalho. Assim, “*en + érgon*” quer dizer, na Grécia Antiga, “*em trabalho*”, “*em atividade*”, “*em ação*”.

Energia é um termo muito usado nos meios de comunicação e tem um significado especial para a ciência e a tecnologia. É comum ouvirmos frases do tipo: “as crianças têm muita energia”, “a energia dos cristais”, “aquela pessoa tem uma energia negativa”, “algumas plantas trazem energia positiva para a casa”. Na ciência, o termo energia tem um significado um pouco diferente que, na maioria das vezes, pode não coincidir com o uso cotidiano.

A energia é uma grandeza particularmente importante, porque está relacionada com os mais diversos fenômenos. Na verdade, todos os fenômenos que ocorrem na natureza envolvem transformações de energia. Enquanto caminhamos ou lemos um livro, estamos transformando energia. Para o nosso organismo manter as funções vitais, como por exemplo, pulsar o coração, respirar ou manter a temperatura corporal constante, estamos também transformando energia.

Até o momento o termo “energia” foi usado várias vezes sem, no entanto, apresentarmos uma definição para ele. Mesmo sendo um dos conceitos mais importantes da Física, ele é abstrato, o que o torna de difícil definição pois abrange fenômenos extremamente diferentes entre si. A energia afeta tudo que existe na natureza e as leis que governam seu comportamento estão entre as mais

importantes e abrangentes da ciência. Podemos pensar em energia como algo que se transforma continuamente e que pode ser usado para realizar trabalho. Segundo Moreira (1998):

Se tivéssemos que citar um único conceito físico como o mais importante para a Física, e para toda a Ciência de um modo geral, este seria o conceito de energia. De maneira análoga, se tivéssemos que citar qual o mais útil princípio físico para toda a Ciência a escolha, certamente, recairia sobre o princípio da conservação da energia. Aliás, não é difícil perceber que estas escolhas estão relacionadas (MOREIRA, 1998, p.2).

Estamos acostumados a ouvir falar em “energia elétrica”, “energia elástica”, “energia eólica”, “energia química”, “energia nuclear”, mas, na realidade, todas essas formas estão incluídas nas três formas fundamentais de energia: a cinética, devido ao movimento; a potencial, devido ao efeito das forças de interações; e a energia devido à massa, dada pela equação de Einstein, $E = mc^2$ (MOREIRA, 1988, p.2).

Existe um princípio que se aplica a qualquer processo físico até hoje conhecido, e para o qual não se conhece exceções: **o princípio da conservação da energia**. A energia, em qualquer processo físico, apenas pode ser transformada e a sua quantidade total sempre permanece constante. E, precisamente nisso reside sua importância, ou seja, em um sistema físico isolado existem várias formas de energia, podendo umas se transformarem nas outras porém, no geral, a energia não pode ser criada nem destruída.

O calor é uma das formas de energia mais utilizadas pela humanidade. Por exemplo, para o funcionamento de máquinas térmicas, fornos siderúrgicos, geração de energia elétrica, termoterapia⁴, entre outras aplicações. Existem

⁴ Termoterapia é a variação de temperatura corporal, controlada através de equipamentos próprios ou manipulação, que resulta no aumento ou diminuição da

registros da tentativa de se explicar o calor que datam aproximadamente de 600 anos antes de Cristo, mas estas tentativas reduziam-se a meras especulações. Os filósofos do século VII a.C. Anaximandro, Heráclito e Empédocles e, até mesmo Platão e Aristóteles, possuíam noções muito limitadas sobre a natureza do calor. Platão aceitava o calor como algo que estava associado aos corpúsculos do elemento fogo. Aristóteles acreditava que o frio e o quente eram duas das quatro qualidades primárias da matéria, além do seco e do úmido.

No século XIII, foi desenvolvida uma teoria por Roger Bacon (1214-1294) segundo a qual a causa do calor era o movimento interno das partículas do corpo, porém não se sabia se era o calor que produzia movimento ou se o movimento é que produzia o calor. Galileu Galilei (1564-1642) considerava o calor como uma espécie de fluido capaz de penetrar e abandonar qualquer corpo com grande facilidade.

Francis Bacon (1561-1626) observou o fato de que fortes e frequentes marteladas produziam o aquecimento de um pedaço de ferro. Conhecia-se, igualmente, o método de obtenção do fogo pelo atrito. Ele concluiu que o calor era um movimento interno das pequeníssimas partículas que constituem a matéria, onde a temperatura do corpo depende da velocidade associada ao movimento dessas partículas.

Até meados do século XVII, pode-se observar a existência de duas hipóteses que procuravam explicar o calor: uma associada à ideia de fluido e outra que o considerava como movimento das partículas do corpo. Nessa época não existia a preocupação em se chegar a um consenso sobre a validade de cada uma delas e isso pode ser entendido pelo fato de não ser necessário tratar o calor quantitativamente.

O aperfeiçoamento nos termômetros, feitos por Fahrenheit (1686-1736), melhorou a precisão das medidas, o que permitiu que no final do século XVIII,

temperatura dos tecidos corporais com fins terapêuticos ou estéticos.

Joseph Black (1728-1799), professor de química da Universidade de Glasgow, estabeleceu distinções entre os conceitos de temperatura e calor, a partir de estudos sobre a fusão do gelo. O aperfeiçoamento ocorrido na técnica de construção de termômetros também contribuiu para melhorar o entendimento de várias propriedades térmicas dos materiais.

Até o final do século XIX, os fenômenos térmicos ainda eram explicados admitindo-se a existência de uma substância material chamada calórico⁵. Joseph Black observou que todos os materiais, a diferentes temperaturas, tinham a tendência de entrar em equilíbrio térmico quando postos em contato. Ele estudou as transformações nos materiais enquanto o calor ‘entrava’ ou ‘saía’ deles.

Em 1770, Black propôs que o calórico seria um fluido composto de partículas minúsculas que se repeliriam umas às outras, mas seriam atraídas pela matéria. A teoria do calórico permitia explicar um conjunto de fenômenos ligados ao calor. A contração e a expansão observadas com o resfriamento e o aquecimento, respectivamente, eram exemplos de observações ligadas ao calórico. A expansão e a contração eram resultados do acúmulo e da liberação de calórico.

Já a geração de calor por atrito era explicada devido ao fato desse reduzir a atração entre o calórico e a matéria. A teoria era baseada em dois postulados: (1) o fluido material (calor) não podia ser criado ou destruído e (2) a quantidade de fluido material (calor) transferido de um objeto para outro era proporcional à sua massa e à variação de temperatura. O termo calórico foi proposto por Lavoisier, em 1817.

Os problemas da teoria do calórico tornaram-se críticos frente a argumentação formulada por Benjamin Thompson (1753-1814), Conde de

⁵ O valor calórico dos alimentos está relacionado com a energia química liberada pelos alimentos após a sua digestão.

Rumford. Thompson, ao inspecionar a fabricação de canhões de bronze, observou que os blocos desse metal tornavam-se incandescentes à medida que a broca os perfurava, e ainda, que o bronze continuava a esquentar mesmo que a broca estivesse sem fio. Ele sugeriu na época que o calor liberado na perfuração do cano dos canhões não estaria ligado ao calórico que era transferido da broca para o bronze, mas ao trabalho efetuado pela broca sobre os canhões. Então, como explicar o aquecimento que ocorria quando a broca não tinha mais fio? Convencido de que o calor era gerado pelo atrito, Rumford realizou a seguinte experiência. Mergulhou na água um canhão a ser perfurado, a fim de que o calor produzido pela broca fosse transferido para a água. Para fazer a perfuração, usou uma parelha de cavalos, atrelados ao eixo da broca, fazendo-a girar. Após aproximadamente duas horas e meia girando com a broca, o movimento dos cavalos havia fervido a água.

Convenceu-se, assim, que trabalho podia ser convertido em calor e vice-versa, e que a natureza do calor era de fato movimento. Ele argumentou que uma esponja não poderia liberar indefinidamente água se apertada e, ao contrário, a taxa de produção de calor poderia ser mantida indefinidamente enquanto o trabalho de usinagem fosse realizado. A ideia de que o calor é energia foi introduzida por Rumford.

James Joule, entre 1840 e 1849 realizou medições bastante precisas sobre a equivalência mecânica do calor (isto é, calor e trabalho são apenas diferentes manifestações da mesma coisa, que é a energia) por diversos métodos e confirmou, experimentalmente, que calor é uma forma de energia. A lei de conservação da energia ganhou grande aceitação após a publicação em 1848 de um trabalho por H. Helmholtz, um cirurgião do exército prussiano, mostrando as aplicações da lei em diversos campos. As dificuldades crescentes enfrentadas pela teoria do calórico foram contornadas com a introdução do conceito de

energia interna⁶ e com o conceito de calor como a transferência de energia entre o sistema e a sua vizinhança.

Todas as substâncias são formadas por átomos e moléculas que possuem uma grande quantidade de energia armazenada. As moléculas estão em constante movimento independentemente do seu estado físico, ou seja, as moléculas possuem energia cinética.

Devido às interações com as moléculas vizinhas elas também possuem energia potencial. Nas substâncias também existe energia devido a sua massa. A **energia interna** é a soma de todas as energias que existem no interior das substâncias. É importante salientar que não temos interesse em calcular a energia interna de um corpo ou sistema, mas sim, determinar a sua variação.

A temperatura é a medida da energia cinética média de translação dos átomos e moléculas. Quando essa energia cinética média aumenta, a temperatura também aumenta. Convém ressaltar que pode haver variação de energia interna sem que ocorra variação na temperatura, como por exemplo, nas mudanças de fase.

É possível variar a energia interna de um sistema fornecendo ou retirando energia. Quando a transferência de energia ocorre exclusivamente devido a uma diferença de temperatura entre o sistema e a vizinhança, a energia transferida recebe o nome de calor.

⁶ Energia interna é sinônimo de energia térmica. Em vários momentos a seguir é usado o termo energia térmica, tendo em vista que é a nomenclatura mais usada nos livros de Ciências do Ensino Fundamental e nos livros de Física do Ensino Médio.



Figura 1: Representação do fluxo de calor entre dois corpos com temperaturas diferentes. A energia na forma de calor flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.

É importante observar que um corpo ou sistema não contém calor, ele possui energia interna. Uma vez transferida, a energia não pode mais ser chamada de calor. Salientemos uma vez mais: calor é o processo de transferência de energia entre os corpos devido exclusivamente à diferença de temperatura entre eles.

A energia está presente em toda parte, seja na forma de energia cinética de um corpo em movimento, de energia potencial gravitacional de um corpo a certa altura do solo, de energia térmica sendo transferida entre dois corpos com temperaturas diferentes (calor) ou de energia química contida nos alimentos. A energia não é criada nem destruída, mas transformada de uma forma para outra.

2. A temperatura e seus efeitos

Temperatura

A temperatura é uma das grandezas físicas mais conhecidas e citadas atualmente. Todos os dias as pessoas leem em jornais, ouvem no rádio ou veem na televisão os boletins meteorológicos indicando as temperaturas máximas e mínimas para a sua região. Ajustamos a temperatura do forno do fogão e do aparelho de ar condicionado e verificamos nossa temperatura corporal quando

estamos nos sentindo febris. Como podemos ver, a temperatura pode ser percebida de várias maneiras. Entretanto, ela nos traz a informação de quão quente ou frio está um determinado corpo em relação a um outro corpo de referência, ou ainda, serve como indicador do sentido da troca de energia na forma de calor entre o corpo e sua vizinhança.

São as sensações táteis de “quente” e de “frio” que nos transmitem a primeira noção de temperatura. Dizemos então que quanto mais quente é um corpo, maior é a sua temperatura.

É do nosso conhecimento que, ao tocarmos com a mão uma porta de madeira e a maçaneta de metal, ambas à mesma temperatura, temos sensações térmicas diferentes. A avaliação de uma temperatura por intermédio do tato merece pouca confiança. Vemos assim que, para avaliar a temperatura com certo rigor, temos que recorrer a outros efeitos.

Do ponto de vista microscópico, a temperatura está associada à energia cinética média de translação das partículas (átomos, moléculas ou íons). Análises microscópicas mostram que qualquer corpo, seja ele sólido, líquido ou gasoso, é composto por partículas em constante agitação. Para um mesmo estado físico, a agitação das partículas está relacionada com a temperatura. Assim, a temperatura está intimamente ligada à energia cinética média das partículas que compõem o corpo. Uma temperatura mais alta indica maior agitação das partículas e, portanto, maior energia cinética média.

O físico irlandês William Thomson, conhecido como Lorde Kelvin, chegou à conclusão de que havia uma temperatura mínima possível, que recebeu o nome de zero absoluto e que seria atingida quando todas as partículas de um corpo estivessem imóveis. Sabemos hoje que quando um corpo é resfriado continuamente, os átomos não chegam a ficar completamente imóveis, ou seja, a energia cinética das moléculas do sistema tende a um valor mínimo e não nulo, mas atingem um estado no qual é impossível extrair mais energia do corpo; essa

é a definição moderna de zero absoluto, e que corresponde à temperatura de zero kelvin, equivalente à -273°C .

Referências:

MARQUES, Nelson L. R.; ARAÚJO, Ives S. Física Térmica. Textos de apoio ao professor de física. v. 20. n. 5. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009.

APÊNDICE B - TESTES E QUESTÕES SOBRE CALOR E TEMPERATURA

T.1 – (Cescea-SP – Adaptado) Escolha a opção que completa corretamente as lacunas do texto: “Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no século XIX. Hoje sabe-se que o calor é uma forma de (1) _____ e, portanto, não tem sentido falar em (2) _____”.

- a) (1) energia em trânsito (2) calor contido nos corpos
- b) (1) temperatura (2) aquecimento dos corpos
- c) (1) energia em trânsito (2) energia interna dos corpos
- d) (1) temperatura (2) trabalho realizado por um corpo
- e) (1) temperatura (2) calor contido nos corpos

T.2 - (AFA-SP) Assinale a alternativa que define corretamente calor.

- a) Trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
- b) É uma forma de energia contida nos sistemas.
- c) É uma energia em trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.
- d) É uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
- e) É uma forma de energia em trânsito do corpo mais frio para o corpo mais quente.

T.3 - (PUC-SP) Assinale a frase mais correta conceitualmente.

- a) “Estou com calor”
- b) “Vou medir a febre dele”
- c) “O dia está quente; estou recebendo muito calor”.
- d) “O dia está frio; estou recebendo muito frio.”
- e) As alternativas c e d estão corretas.

T.4 - (Fatec-SP) Três corpos encostados entre si estão em equilíbrio térmico. Nessa situação:

- a) os três corpos apresentam-se no mesmo estado físico.
- b) a temperatura dos três corpos é a mesma.
- c) o calor contido em cada um deles é o mesmo.
- d) o corpo de maior massa tem mais calor que os outros dois.

T.5 – (Fatec-SP) Um sistema A está em equilíbrio térmico com um outro B e este não está em equilíbrio térmico com um outro C. Então, podemos dizer

que:

- a) os sistemas A e C possuem a mesma quantidade de calor.
- b) a temperatura de A é diferente da de B.
- c) os sistemas A e B possuem a mesma temperatura.
- d) a temperatura de B é diferente da de C, mas C pode ter temperatura igual à do sistema A.
- e) nenhuma das anteriores.

T.6 – (Unifesp-SP) Quando se mede a temperatura do corpo humano com um termômetro clínico de mercúrio em vidro, procura-se colocar o bulbo do termômetro em contato direto com regiões mais próximas do interior do corpo e manter o termômetro assim durante algum tempo, antes de fazer a leitura. Esses dois procedimentos são necessários porque:

- a) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
- b) é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
- c) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso evitar a interferência do calor específico médio do corpo humano.
- d) é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque o calor específico médio do corpo humano é muito menor que o do mercúrio e o do vidro.
- e) o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo.

Q.1 - Temos dois corpos A e B, de tal forma que $T_A > T_B$. Esses corpos são colocados em contato e isolados de outros corpos, ou seja, de influências externas. O que acontecerá com as temperaturas de cada corpo? Explique.

Q.2 - Quanto maior a temperatura de um corpo, mais calor ele possui? Explique.

Q.3 - Pode-se dizer que a temperatura é a medida da quantidade de calor de um corpo? Explique.

APÊNDICE C - A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

“A Física desenvolvida até então já é completa, no entanto, temos apenas duas pequenas nuvens no horizonte”. (Lord Kelvin)

1-Introdução

Já imaginou um mundo em que você não saiba o que é uma tela touchscreen, um smarphone, um tablet, um GPS, um computador, uma televisão a cores, enfim, toda tecnologia à qual somos bombardeados diariamente? Será que esta realidade está muito distante dos dias atuais? A frase com que iniciamos este texto foi uma frase defendida por Lord Kelvin no final do século XIX, quando a realidade da época era muito semelhante à realidade imaginada com o auxílio das nossas perguntas. Nesta época, os conhecimentos e teorias desenvolvidos pelos cientistas (“grandes” e “pequenos”) levaram a crença de uma natureza contínua, completamente previsível e que obedeciam ou às Leis de Newton ou às equações de Maxwell. Entretanto, duas coisas não batiam: (1) Como explicar as radiações emitidas por um pequeno orifício aquecido, ou melhor, por um “corpo negro”? (2) Seriam os fenômenos eletromagnéticos variantes, ou seja, o fenômeno observado a partir de um referencial seria diferente em outro referencial? Se não, o que teria de errado nos modelos científicos adotados até então? O objetivo deste texto é trazer discussões referentes ao desenvolvimento da Física ao longo do século XX.

2-A Ideia da Quantização

Conversaremos aqui sobre a “primeira pequena nuvem” com a qual os cientistas do final do século XIX se depararam: explicar a radiação emitida por

um corpo negro. Como você já deve ter percebido, uma característica bastante comum dos cientistas é a de usar as teorias que possuem “à disposição” buscando explicar questões completamente novas.

Algumas vezes percebemos que o modelo disponível não dá conta de uma coisa ou outra e, então, nos propomos a definir modificações nos mesmos ou até mesmo um completo abandono deles e adoção de outros. Como já vimos em diversos momentos da história da Física Clássica, esse movimento nunca é imediato. Sempre surgirão adendos ao modelo utilizado, sendo necessários problemas chaves para causarem uma ruptura na Ciência Normal, iniciando a chamada fase pré-paradigmática, definida por Thomas Kuhn, em seu famoso livro *Estrutura das Revoluções Científicas*, publicado em 1975.

Com a radiação de Corpo Negro não foi nem um pouco diferente. Durante os séculos XVIII e XIX, a relação da sociedade europeia com o trabalho passou por uma transformação brusca. Uma população que até então vivia no campo e produzia o que consumia substituiu seu trabalho por um trabalho assalariado e também pelo uso das máquinas.

Foi envolta por este contexto que surgiram na Física os primeiros estudos sobre a Física Térmica, buscando uma maior eficiência para as máquinas utilizadas. E também surge, dentro deste contexto, uma outra questão que trouxe implicações diretas para o desenvolvimento do que conhecemos como Radiação de Corpo Negro: como relacionar a temperatura dos fornos das siderúrgicas, com a radiação eletromagnética emitida?

2.1-Radiação de corpo negro

Mas, afinal, o que vem a ser a radiação de corpo negro? Para termos uma ideia, pensemos na seguinte situação: Quando, da janela do quarto de um apartamento, olhamos, durante o dia, para a janela de um edifício vizinho, ela

parece escurecida. Entretanto, no interior de nosso quarto, tudo parece claro, mesmo sem acendermos qualquer lâmpada. Curiosamente, o nosso vizinho poderia dizer o mesmo da nossa janela. Por que isso acontece?

Ao olharmos para uma janela aberta em um dia claro, ela nos parecerá escura, porque a luz do Sol desaparece na cavidade em que o quarto se constitui; cavidade esta delimitada por um orifício de acesso da radiação, que é a janela. Esta cavidade é uma boa representação do conceito físico de um corpo negro.

Dizemos que um corpo negro, é aquele que não reflete nenhuma radiação que incide sobre ele. Isso porque qualquer feixe de luz incidente sobre o pequeno orifício é refletido, para todos os lados, nas paredes interiores da cavidade, até a luz ser absorvida por estas paredes ou pelo gás existente no interior da cavidade.

Deste modo, as chances de a luz incidente conseguir abandonar a cavidade é mínima. Isso não significa que o orifício não possa emitir a sua própria radiação, a qual pode ser medida ao sair do orifício. A luz que entra na cavidade é absorvida pelas suas paredes e se alguma radiação (diferente da radiação incidente) vier a sair desta cavidade, não o será por reflexão; mas, sim por emissão destas mesmas paredes, e ela será uma função da temperatura das mesmas.

Entretanto, na ausência de qualquer tipo de radiação proveniente da cavidade, ela então parecerá realmente negra porque nenhuma parte da luz que incide sobre a mesma é redirecionada ou espalhada em direção aos nossos olhos.

Na verdade, um corpo negro não precisa ser de cor preta. Por exemplo, ao olharmos a janela do edifício distante, ela nos parece escura, mesmo se suas paredes estiverem pintadas de branco; então, a janela é considerada por nós um corpo negro.

Contudo, se pessoas, no interior do quarto em questão, ligarem uma lâmpada, ele não mais nos parecerá escuro (mesmo à noite). A janela, porém,

permanece, em uma primeira aproximação, sendo uma boa representação de um corpo negro, pois a luz externa continuará desaparecendo ao atravessar a mesma.

A luz incidente ainda será toda absorvida nas paredes da cavidade (as paredes do quarto, cuja entrada é a referida janela).

2.2 – Tentando explicar

Em 1879, para estudar sobre esta questão, o físico esloveno Joseph Stefan ao estudar a energia radiada por corpos aquecidos, propõe que: *“o poder emissor de um corpo negro (energia emitida pelo corpo negro na forma de luz e calor em cada segundo) era proporcional à temperatura absoluta elevada à quarta potência.”* (SERWAY e JEWETT, 2007, p.307).

Em 1884, apenas cinco anos mais tarde, Ludwig Boltzmann deu uma explicação teórica, partindo da termodinâmica clássica, sendo a partir daí este resultado conhecido como Lei de Stefan-Boltzmann.

Anos mais tarde, o físico alemão Wilhelm Wien observou que ao aumentar a temperatura do corpo negro, o comprimento de onda correspondente ao brilho máximo da luz emitido pelo mesmo torna-se mais curto, deslocando-se para a região do violeta no espectro.

Esta lei, conhecida como Lei do Deslocamento de Wien, evidencia que quanto maior for a temperatura menor será o comprimento de onda na qual a radiação é mais intensa. No dia-a-dia isso é verificado quando se aquece uma barra de ferro: inicialmente ela não emite luz visível, mas invisível (infravermelho); depois de certo tempo começa a brilhar em um vermelho-escuro e, à medida que a temperatura aumenta a sua cor se desloca para comprimentos de ondas menores e ela brilha com a cor amarelo-alaranjada. A lei de Wien também pode ser aplicada na determinação da temperatura superficial das estrelas. Estrelas vermelhas (de maior comprimento de onda) possuem temperaturas mais baixas que as estrelas azuis (de menor comprimento de onda).

No entanto, restavam dúvidas se as propriedades de emissão e absorção dependiam, em termos quantitativos, de outros fatores tais como o material de que é feito o corpo, a forma e a rugosidade do corpo, etc. O problema teórico era encontrar uma função matemática que descrevesse a curva experimental para tornar possível fazer previsões e estimar as temperaturas dessas cavidades.

Embora as previsões teóricas concordassem bem com os dados experimentais em um regime de baixa frequência, para as regiões do espectro eletromagnético de grandes frequências (ultravioleta), a teoria divergia do resultado experimental. Como a teoria representava bem a parte do espectro de baixa frequência, mas falhava ao descrever regiões de alta frequência, a discordância entre a teoria e o experimento ficou conhecida como “catástrofe do ultravioleta”.

Ao comparar os resultados Planck verificou que, para baixas frequências a energia das ondas coincidia com a previsão clássica, mas para altas frequências esta energia deveria diminuir, ou seja, de alguma maneira esta energia deveria depender da frequência das ondas e não apenas da temperatura.

Na época os modelos teóricos consideravam que a radiação térmica emitida por um corpo decorria da vibração de osciladores moleculares e que a intensidade da radiação dependia do número destes osciladores. Estes osciladores moleculares seriam análogos a osciladores mecânicos sendo suas energias determinadas pelas grandezas físicas relevantes do sistema.

Para desenvolver a teoria das radiações térmicas admitia-se que os átomos nas paredes da cavidade (equivalente ao corpo negro ideal), oscilam em movimento harmônico simples, em torno de uma posição de equilíbrio. Segundo a teoria eletromagnética as cargas elétricas destes átomos, deveriam emitir radiação eletromagnética devido à aceleração, como se fosse antenas transmissoras. Como a aceleração é contínua, a energia emitida também deveria ser contínua.

No entanto, segundo Planck, o argumento apresentado acima (emissão contínua de energia) “(...) deverá ser então abandonado e substituído de forma apropriada”. Planck deu um grande salto intuitivo, abandonando o conceito de emissão contínua de energia e propondo sua substituição. Na proposta de Planck: A energia do oscilador é linearmente proporcional à sua frequência e pode assumir somente certos valores discretos dados por: $E = n.h.f$, onde n assume apenas valores inteiros ($n = 1, 2, 3...$), h é uma constante de proporcionalidade (mais tarde ficou conhecida como constante de Planck) e f é a frequência do oscilador. Hoje n é chamado de número quântico e diz-se que a energia é quantizada.

Os osciladores emitem ou absorvem energia realizando transições de um estado quântico para outro, ou seja, absorve ou emite uma quantidade mínima de energia, que se denomina de quantum de energia.

Aplicando as ideias de osciladores quânticos, Planck conseguiu obter uma função que concordava extraordinariamente bem com os dados experimentais para as curvas de emissão de radiação e que contém, como casos particulares, todos os resultados obtidos anteriormente por outros pesquisadores como as leis de Wien e Stefan.

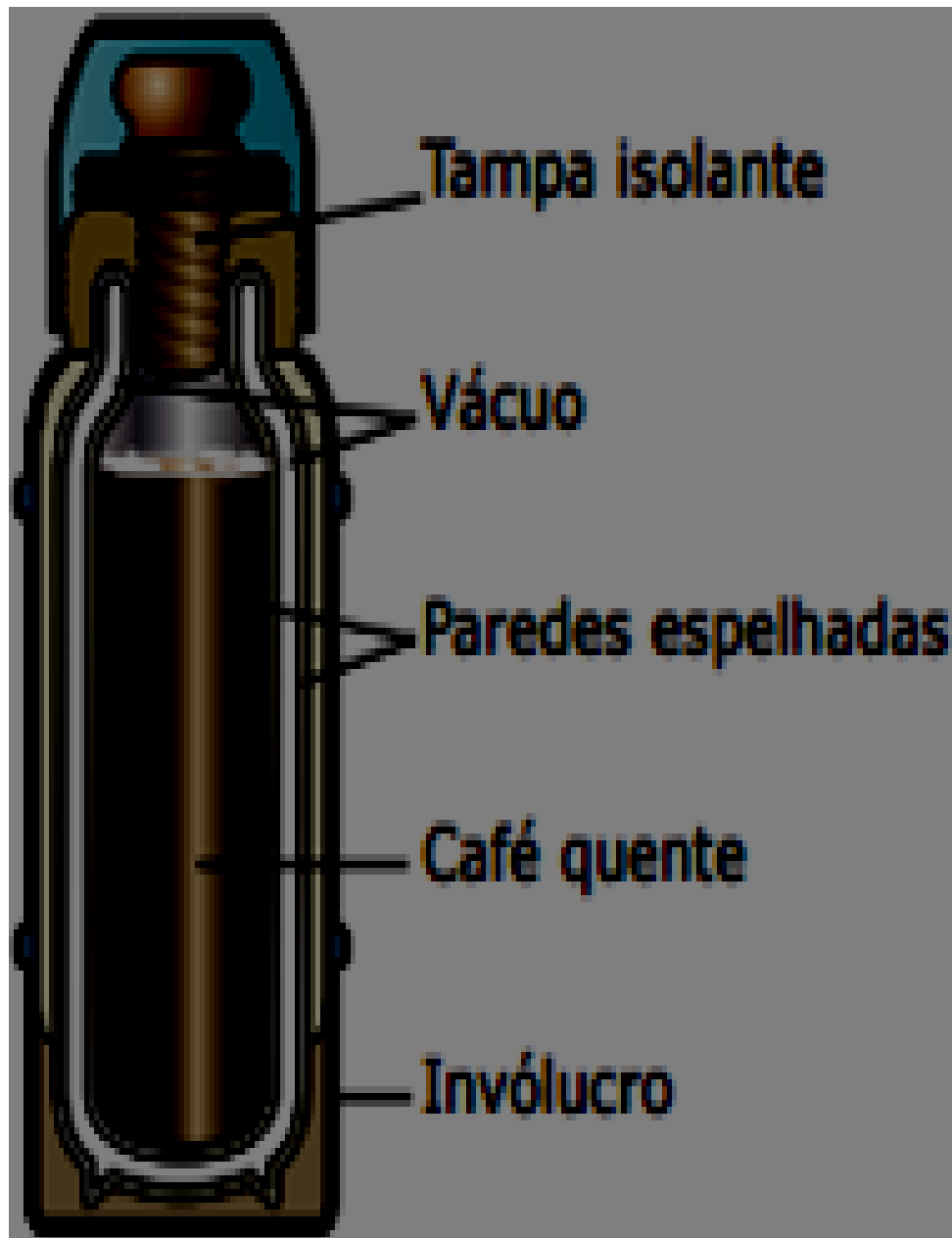
Referências bibliográficas:

BUENO.L.; PALMIERI, M.; LEOPOLDO, W. M. Fisistória, Unidade VI – Física Moderna e Contemporânea. 1ª edição, São Paulo, junho de 2015.

Disponível em http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/324048/mod_resource/content/1/Material%20Did%C3%A1tico%20-%20Leonardo%2C%20Mayara%20e%20Walter.pdf, acessado em 08 de dezembro de 2015.

PEREIRA. S. J., ZARA, R. A. Salto Quântico e a Constante de Planck. In: Elaboração da Produção Didática-Pedagógica, Paraná: UNIOESTE, s/data. Disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1971-6.pdf>, acessado em 08 de dezembro de 2015.

ANEXO A - APRENDENDO SOBRE A GARRAFA TÉRMICA



ANEXO B - MODELOS - (ELABORADO PELO GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA)

Vocês fizeram várias atividades até o momento. A importância de se levar a sério as atividades, como mostrado até então por vocês, faz com que possamos interferir no sentido de ajudar a preencher algumas lacunas que foram percebidas como pontos que devem ser melhor discutidos. Dessa forma, segue um texto para discutirmos a importância do uso dos modelos no estudo da ciência.

A ciência constrói representações do mundo. Os elementos básicos dessas representações são os modelos.

Um modelo é uma imagem mental simplificada e idealizada, que permite representar, com maior ou menor precisão, o comportamento de um sistema.

O modelo incorpora apenas as características consideradas importantes para a descrição do sistema, selecionadas intuitivamente ou por conveniência matemática. De modo geral, o propósito de um modelo é simplificar certa realidade para que ela possa ser analisada. A construção de um modelo se dá no contexto de uma teoria, quando fatos estabelecidos pela observação e hipóteses sobre a estrutura do sistema e sobre o comportamento dos seus constituintes básicos são correlacionados por leis e princípios.

Um modelo muito interessante é o modelo da Teoria Cinética para um gás ideal, construído a partir das seguintes hipóteses:

- O gás é constituído por um número muito grande de moléculas em movimento desordenado, descrito pelas leis de Newton.
- O volume próprio das moléculas é desprezível quando comparado ao volume do recipiente.
- As forças entre as moléculas são desprezíveis, exceto nas colisões

mútuas e com as paredes do recipiente.

É importante compreender que o modelo da Teoria Cinética para um gás ideal não é o desenho de uma caixa fechada com bolinhas no seu interior representando as moléculas, como se encontra nos livros didáticos. Nem uma caixa de papelão com bolinhas de isopor no seu interior, que o professor sacode para que as bolinhas se movimentem aleatoriamente.

O modelo da Teoria Cinética para um gás ideal é simplesmente a idéia de que existem partículas (as moléculas) e que elas se movem segundo as leis de Newton. Sendo assim, essas partículas não são necessariamente reais no mesmo sentido que o são um tijolo ou um lápis. Em vez disso, elas são ideias desenvolvidas para explicar o que se observa dos gases reais e fazer previsões sobre o que pode ser observado no futuro.

Outro modelo interessante é o modelo atômico de Bohr, construído com as seguintes hipóteses:

- Num referencial em que o núcleo do átomo está em repouso, os elétrons se movimentam ao redor dele, percorrendo órbitas circulares de acordo com as leis de Newton.
- Os elétrons podem ocupar apenas certas órbitas especiais ao redor do núcleo, chamadas órbitas estacionárias.
- Um elétron pode passar de uma órbita estacionária para outra se o átomo emitir ou absorver radiação eletromagnética.

Como os modelos são construídos para dar sentido ao mundo, é necessário que sejam validados. Em outras palavras, através da verificação experimental das suas previsões, as hipóteses, aproximações e limites de aplicabilidade do modelo são testados. Se o modelo tem apenas um sucesso parcial na predição do comportamento do sistema que procura descrever, as hipóteses iniciais devem ser modificadas. Pode acontecer também que um modelo seja abandonado com base em novas descobertas.

O modelo da Teoria Cinética para um gás ideal, por exemplo, permite explicar com boa precisão as leis dos gases reais e fazer previsões sobre seu comportamento, desde que em situações não muito diferentes das usuais. Contudo, o modelo apresenta falhas na descrição do comportamento de um gás em altas pressões e/ou baixas temperaturas.

O modelo atômico de Bohr permite compreender alguns aspectos da estrutura e do comportamento dos átomos, em particular, dos átomos mais simples, mas falha redondamente na explicação de muitos outros aspectos.

De qualquer modo, mesmo tendo sido substituídos por modelos mais elaborados, o modelo da Teoria Cinética para um gás ideal e o modelo atômico de Bohr ainda são úteis para uma primeira abordagem dos respectivos sistemas de interesse.

Um modelo pode ser também uma representação matemática de um conceito. Assim, por exemplo, o modelo associado ao conceito de força é construído a partir das seguintes proposições:

- Toda força é representada por um vetor.
- As forças que atuam sobre uma determinada partícula, causadas por um número qualquer de outras partículas, são independentes umas das outras. Em outras palavras, os efeitos de uma dada força sobre uma partícula são independentes dos efeitos das demais forças sobre a mesma partícula.

- Os efeitos de um número qualquer de forças sobre uma partícula são idênticos aos efeitos de uma única força, chamada força resultante, representada pelo vetor que resulta da soma dos vetores que representam aquelas forças.

As duas últimas proposições, tomadas em conjunto, constituem o que chamamos princípio de superposição. Estritamente falando, podemos dizer que as forças devem ser representadas matematicamente por vetores devido ao princípio de superposição.

A qualidade de um modelo depende de certos fatores como, por

exemplo, do número de hipóteses e proposições iniciais necessárias para construí-lo. Um bom modelo é aquele para o qual esse número é mínimo. Além disso, um bom modelo é aquele que explica o maior número possível de características das observações já realizadas sobre o comportamento do sistema em questão.

Finalmente, um bom modelo deve ser capaz de predição. Em outras palavras, um modelo deve ser capaz de explicar não apenas as observações já realizadas, mas também as futuras observações sobre o comportamento do sistema em questão.

ANEXO C - TEXTOS DE REFERÊNCIA PARA A APRESENTAÇÃO DAS AULAS 9 E 10

TEXTO 1

EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3. p. 216.⁷)

A atmosfera terrestre, composta por cerca de 78% de gás nitrogênio (N_2), 20% de gás oxigênio (O_2) e 2% de gás carbônico (CO_2), vapor de água, gases nobres e outros, é particular, comparada com a de outros planetas. Esses gases praticamente transparentes à luz, fazem com que 70% da energia solar que atinge a atmosfera terrestre chegue à crosta terrestre, promovendo os ciclos da água e do ar, assim como a fotossíntese realizada pelas plantas e algas, em que é absorvida parte da energia incidente. Um dos produtos da fotossíntese é O_2 que se acumulou na atmosfera graças aos primeiros seres vivos fotossintetizantes que se formaram na Terra, há cerca de 2 bilhões de anos.

A energia radiante que atinge a superfície da crosta terrestre é absorvida e reemitida na forma de radiação infravermelha pelos corpos aquecidos. A atmosfera terrestre é opaca a essa radiação, pois principalmente vapor d'água e dióxido de carbono (CO_2) a absorvem, diminuindo a perda de energia para o espaço e evitando as abruptas mudanças de temperatura que ocorrem, por exemplo, em Mercúrio ou em outros planetas. A esse fenômeno de retenção da radiação infravermelha pela atmosfera terrestre dá-se o nome de **efeito estufa**.

⁷ KANTOR, Carlos, et al. Coleção Quanta Física. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010, p. 216.

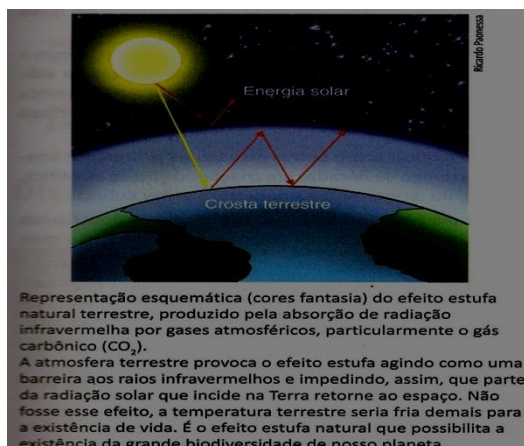


Figura 1: representação esquemática do efeito estufa.
Fonte: Kantor (2010), vol.3

A queima de combustíveis fósseis nos últimos séculos, acelerada nas últimas décadas, tem provocado um aumento significativo na concentração natural de CO₂ na atmosfera. Esse e outros gases emitidos em inúmeras atividades humanas parecem ser responsáveis pela intensificação do efeito estufa natural, o que elevaria a temperatura média global. Esse fenômeno tem sido chamado de aquecimento global.

A elevação da temperatura média da Terra pode provocar o derretimento das camadas de gelo nos polos, com consequente aumento do nível do mar e eventual submersão de cidades costeiras. Devido ao aquecimento global, pode também ocorrer alteração do ciclo natural do ar e da água no planeta, causando mudanças climáticas ao redirecionar ventos e correntes marítimas, deslocando zonas desérticas e zonas férteis.

CHUVA ÁCIDA

O aumento na frequência de chuvas ácidas é outro grave problema relacionado com o uso de energia em larga escala. Além do CO₂, a queima de

combustível fóssil libera dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio ($\text{N}_x \text{O}_y$), que se somam à emissão natural desses mesmos óxidos nas erupções vulcânicas. Esses compostos de enxofre e de nitrogênio interagem com outros gases e com a água presente na atmosfera e absorvem a energia de descargas elétricas e radiações de alta energia, produzindo ácidos que, diluídos na água da chuva, chegam ao solo e à água de rios e lagos, causando alterações nas cadeias alimentares terrestres e marinhas. Os óxidos de enxofre e de nitrogênio que poluem a atmosfera afetam também a saúde humana, causando problemas respiratórios entre outros.

MATERIAL PARTICULADO

A intensa atividade industrial e o grande número de veículos automotivos são responsáveis pela concentração no ar de materiais particulados, compostos de chumbo, monóxido de carbono (CO) e outros gases que, além de doenças respiratórias, causam irritações nos olhos e outros efeitos menos perceptíveis, mas não menos graves.

INVERSÃO TÉRMICA

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3. p. 217.⁸)

Em grandes cidades, é muito comum, durante o inverno, a ocorrência do fenômeno da inversão térmica, deixando o céu com aspecto acinzentado e causando muitos desconfortos respiratórios e irritações nos olhos.

⁸ KANTOR, Carlos, et al. Coleção Quanta Física. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010, p. 217.



Figura 2: Representação esquemática do fenômeno de inversão térmica.
Fonte: Kantor (2010), vol. 3. p.217.

Normalmente, os gases poluentes emitidos pelas indústrias e pelos veículos automotivos são mais quentes que o ar, tendendo, por isso, a subir por convecção e se dispersar nas camadas superiores de ar quente.

No entanto, pode ocorrer uma inversão nessa situação, quando o ar próximo ao solo está mais frio e, portanto, mais denso que o das camadas superiores, provocando uma drástica diminuição dessa circulação de ar, por falta de correntes de convecção. Esse efeito causa uma concentração excessiva de gases poluentes na camada de ar frio da cidade, junto da superfície, agravando as condições de saúde da população.

Na ocorrência desse efeito, são comuns notícias do uso de máscaras, de suspensão de aulas e proibição da circulação de veículos em centros urbanos de muitas partes do mundo, a exemplo da Cidade do México.

A UTILIZAÇÃO DE RECURSOS RENOVÁVEIS TAMBÉM TRAZ IMPACTOS AO AMBIENTE

A extração de fontes de energia, mesmo a partir de recursos naturais renováveis, pode provocar alterações no meio ambiente.

A construção da barragem de uma usina hidrelétrica, por exemplo, envolve o alagamento de extensas áreas e altera o ecossistema local. Ainda que seja feito um planejamento para remanejar exemplares de diferentes espécies animais e para reflorestar outras áreas a fim de compensar a área a ser alagada, isso não é suficiente para evitar danos ao meio ambiente. Um exemplo de problema ambiental decorrente da construção de represas e barragens é a interrupção do caminho de espécies de peixes que nadam rio acima durante o período de procriação – a piracema. Além disso, criam-se problemas sociais com o deslocamento e realocação de populações inteiras que vivem junto dos rios represados, ou cuja sobrevivência depende dos rios.

Da mesma forma, diversos modos de extrair energia do solo e das árvores provocam desmatamentos e desertificações: o uso de lenha para cozinhar ou para aquecimento, a produção de carvão vegetal para a indústria de certos aços e o preparo da terra para monoculturas e pastagens.



Figura 3: Exemplos da ação do homem sobre o meio ambiente

POLUIÇÃO AMBIENTAL DE ORIGEM ENERGÉTICA, INDUSTRIAL E AGRÍCOLA

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3. p. 218.⁹)

O desmatamento e a desertificação podem trazer mudanças climáticas que se somam às demais perturbações ambientais geradas por contaminação e poluição, em fluxos contínuos e regulares de poluentes, assim como em acidentes de transporte energético, como vazamentos de óleo de navios, oleodutos, trens e caminhões.

Nem sempre é possível separar essa poluição derivada da utilização de recursos energéticos naturais da poluição industrial e agrícola em geral. A produção de alimentos industrializados, por exemplo, envolve o uso de máquinas agrícolas que utilizam óleo diesel como combustível e a aplicação de agrotóxicos cujos resíduos também são danosos. Dependendo da área plantada, essa aplicação pode ser feita a partir de pequenos aviões, que também poluem. O transporte da safra até a indústria e a energia elétrica consumida pelas máquinas industriais também entram na conta. Ou seja, mesmo para a produção em larga escala de produtos considerados naturais, como pão de forma integral, ocorre poluição causada desde a plantação do trigo até a produção do pão. Na realidade, os problemas relacionados à poluição derivada da utilização de recursos energéticos naturais e à poluição industrial e agrícola estão interligados e devem ser tratados conjuntamente.

Vimos no exemplo da hidrelétrica, que a renovabilidade de certos recursos naturais não significa necessariamente que sejam renovados sem prejuízos ou sequelas ambientais. Dessa forma, é preciso prever problemas que surgirão devido ao uso de recursos energéticos, mesmo que naturais. Em outras palavras, é preciso um planejamento de médio e longo prazos, considerando os

⁹ KANTOR, Carlos, et al. Coleção Quanta Física. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010, p. 218.

vários e conflitantes interesses econômicos, sociais e ambientais envolvidos, e procurando o que se pode denominar desenvolvimento social, econômica e ambientalmente sustentável.

KANTOR, Carlos A. *et al.* **Coleção Quanta Física**: Física 3º ano. São Paulo: PD, 2010. 240 p.

TEXTO 2

AS MOLÉCULAS DA VIDA E AS RADIAÇÕES

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 85-86.¹⁰)

A vida que conhecemos não se sustenta sem a radiação solar, pois é a fotossíntese, realizada pelas plantas e algas com a absorção da luz do Sol, que dá início a toda cadeia alimentar envolvendo o conjunto das muitas espécies vivas. Cada ecossistema, cada conjunto de espécies interligadas que vivem em cada região depende do clima e da geomorfologia locais, diretamente associados ao regime de radiação: em latitudes polares, por exemplo, há, em média, bem menos horas diárias de luz solar direta do que em zonas equatoriais, o que condiciona o tipo de plantas e animais que podem viver nessas regiões; seres vivos que habitam locais de grandes altitudes e de atmosfera mais rarefeita, como os Alpes ou os Andes, recebem maior intensidade de radiação cósmica e de alta frequência do que os que vivem no fundo dos oceanos ou dos vales, o que também interfere em seu desenvolvimento.

¹⁰ KANTOR, Carlos, et al. Coleção Quanta Física. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010, p. 85-86.



Tundra, um tipo de vegetação adaptada à radiação solar específica das regiões polares

A profundidade alcançada pela radiação solar no interior da água é uma das variáveis que influem na cadeia alimentar aquática de uma região.



Regiões em grandes altitudes estão em contato com o ar mais frio e rarefeito e são atingidas por radiações cósmicas de alta frequência, possibilitando a vida apenas a organismos especificamente adaptados a essas condições.

A intensidade de radiação solar que incide entre o equador e os trópicos da Terra possibilitou o desenvolvimento de exuberantes florestas, os ecossistemas terrestres que abrigam a maior biodiversidade no planeta.

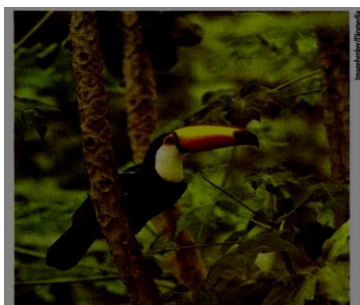
Pesquisas sobre o surgimento da vida na Terra indicam que a radiação solar foi essencial para a síntese das primeiras moléculas orgânicas. As principais teorias sobre a origem da vida no Universo baseiam-se na hipótese da preformação de compostos orgânicos. Para testá-la, foram realizadas experiências em laboratório mostrando que certas moléculas orgânicas podem ser produzidas, a partir de substâncias elementares, em uma solução aquosa

submetida a descargas elétricas ou intensa radiação ultravioleta, simulando as condições ambientais da Terra em um período em que nossa atmosfera ainda não tinha sua atual composição.

UTILIDADE E PERIGO DAS RADIAÇÕES

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 87.¹¹)

Todos os seres vivos estão expostos a diversas radiações naturais, em diferentes doses: infravermelho; luz visível, do vermelho ao violeta; e radiações de maior frequência, do ultravioleta à radiação cósmica. Sobretudo estas últimas permanecem responsáveis por contínuas alterações na estrutura química dos seres vivos, muitas vezes resultando em mutações do DNA. Hoje, além das radiações naturais, há também aquelas produzidas de forma artificial, que são utilizadas propositadamente em exames radiológicos, por exemplo, ou por acidente, às vezes, nos causando danos. Como tudo o mais na natureza e na tecnologia, as radiações podem ser essenciais para certos processos de grande utilidade e, ao mesmo tempo, constituir ameaça ou risco.



Cada espécie viva tem características próprias que a distinguem de todas as demais, resultantes de mutações genéticas causadas pelas radiações que provêm do Sol e de outras partes do cosmo.

¹¹ KANTOR, Carlos, et al. Coleção Quanta Física. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010, p. 87.

Sem uma compreensão quanto a relação essencial entre as radiações e a vida não é possível avaliar a importância ou o perigo da exposição de seres vivos a determinadas formas de radiação. Há mais de um século, foram descobertos os **raios-X**, com sua capacidade de penetração nos tecidos orgânicos, e a radioatividade natural de certas substâncias, como o rádio. Não havia ainda conhecimento de como essas radiações interagem com a matéria em geral, muito menos com a matéria viva.

Além do uso dos **raios-X** em diagnósticos de fraturas e tumores, houve, logo após a época da descoberta da radioatividade, uma indiscriminada propaganda de poderes “magicamente” curativos de toda forma de radiação.

Só meio século depois, com o desenvolvimento da biologia molecular, que desvendou os mecanismos de organização e reprodução da vida, codificados em longas moléculas, como o DNA, é que foi possível perceber como as radiações que têm energia capaz de quebrar ligações químicas, alteram genes e produzem mutações. Essas mutações promoveram a biodiversidade necessária para a evolução das espécies, mas também são responsáveis por vários tipos de malformações celulares, principalmente aquelas conhecidas como câncer. Assim, a radiação que diagnostica e que cura não é nada diferente da que prejudica e mata.

GOIÂNIA, RUA 57

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 88.¹²)

Produzido pela fusão artificial de urânio ou plutônio, o cézio 137 (⁵⁵Cs¹³⁷) é um isótopo radiativo com meia vida de 30 anos que, ao decair emite

¹² KANTOR, Carlos, et al. Coleção Quanta Física. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010, p. 88.

radiações **beta** e forma o bário 137 (${}_{56}\text{Ba}^{137}$), que, por sua vez, emite raios **gama**. Essas radiações são úteis no tratamento contra o câncer, em que se utilizam aparelhos radiológicos contendo pastilhas encapsuladas de césio 137 como fonte de radiação. Manipulado, no entanto, de forma irresponsável, o césio 137, e qualquer outro material radioativo, pode causar muitos estragos. Foi o que aconteceu em Goiânia (GO), em setembro de 1987, quando dois sucateiros inocentemente violaram uma pequena cápsula contendo esse elemento radioativo, de cerca de 2 cm de comprimento e 0,2 cm de diâmetro. A cápsula foi encontrada dentro de uma bomba de césio 137 abandonada pelo Instituto Goiano de Radiologia, em um terreno baldio da Rua 57, do Bairro Popular de Goiânia.

O relato do escritor Fernando Gabeira expressa de forma rica e comovente o drama da população de uma cidade que, por não ter usinas ou centros de pesquisas nucleares, parecia escapar de qualquer risco de acidente nuclear:

Tudo o que se conhece é que Roberto e Wagner [os dois catadores de papel] retiraram a enorme peça num carrinho de mão e venderam o cabeçote de chumbo num ferro-velho. [...] O dono do ferro-velho e os próprios catadores ficaram curiosos.

Quando aos golpes de marreta, chegaram à brilhante pedra azul, ficaram maravilhados. [...] Um dos catadores tentou traçar uma cruz no peito e o dono do ferro-velho quis reparti-la entre os amigos, gratuitamente, para que fizessem anéis. Um deles levou um pedaço para casa. [...] A pedra brilhava tanto que incomodava o sono da mulher com quem vivia. [...] O mais trágico dos movimentos aconteceu na casa do outro dono do ferro-velho, Ivo. Sua filha Leide, de seis anos, brincou próxima do pó de césio, tocou nele comendo um pedaço de pão com ovo e se contaminou internamente. [Ela morreria um mês depois]

[...] Os primeiros sintomas começaram a aparecer – vômitos,

queimaduras na pele, queda de cabelo. [...] Fizeram de tudo o que estava ao seu alcance. Foram ao farmacêutico compraram pomada, foram ao pronto-socorro e se medicaram como vítimas de queimadura, e um dos catadores de papel, mais atingido, chegou a ser internado no hospital especializado em doenças tropicais.

Foi no auge dessa busca que a pedra começou a ficar sob suspeita e o veterinário Paulo Roberto Monteiro formulou, pela primeira vez, a descoberta do acidente. [...] a partir daí, o mistério se desfez, o mundo desencantou e o pedaço azul do céu se transformou num pedaço azul do inferno.

[...] Cerca de 43 técnicos desembarcaram em Goiânia. [...] Cinco mil pessoas, por dia, no princípio, acorriam ao Estádio Olímpico, onde foi instalada uma equipe incumbida de testar a contaminação.

[...] Desde o momento em que os pacientes foram examinados no Estádio Olímpico até o momento de seu enterro [...] o nuclear revelou a capacidade de militarizar cada passo da medicina, transformando-a numa atividade secreta, protegida por guardas armados que só desaparecem de perto dos corpos quando sepultados em caixões de chumbo, recobertos por uma camada de concreto.

[...] Mas foi chegando o momento em que o verdadeiro calcanhar-de-Aquiles de todo projeto nuclear iria aparecer para todos, com luminosidade mais intensa que a do próprio césio-137. Esse momento se deu quando começou a discussão em torno do lixo atômico [as roupas recolhidas no Estádio Olímpico, por exemplo].

[...] Diante dessa realidade [recusa do Governo Estadual em guardar o lixo atômico em Goiás], o Governo Federal resolveu indicar um lugar definitivo para o lixo atômico: a Serra do Cachimbo, no sul do Pará.

[...] De todas as demonstrações [contrárias à decisão do Governo Federal], a mais popular foi a realizada durando o Círio de Nazaré, a grande festa religiosa do norte do país. Uma centena de manifestantes entrou na

procissão com cartazes e máscaras de protesto e foi, progressivamente, ganhando o apoio dos fiéis, estimulados também pelas declarações das autoridades católicas do Pará, contrárias ao depósito de lixo atômico. Os participantes do Círio de Nazaré viveram na realidade a grande cerimônia política do ano, porque manifestantes que protestavam contra a violência dos latifundiários do Pará também estavam presentes. Os dois movimentos se uniram ao longo do caminho, simbolizando dramaticamente as contradições de um Brasil incapaz de realizar ao mesmo tempo uma aspiração do século passado, a reforma agrária, e uma aspiração do século XX, a superação do projeto nuclear. (Fonte: Fernando Gabeira. Goiânia Rua 57 – O nuclear na Terra do Sol, in: www.gabeira.com.br).

TERAPIAS E DIAGNÓSTICOS RADIATIVOS

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 89.¹³)

Hoje, é tão variada a utilização de radiação em associação com a vida, especialmente nas áreas médicas, que seriam necessários vários livros para descrever as principais técnicas empregadas. Os **raios-X** são uma das formas mais tradicionais de uso da radiação: são usados para impressionar filmes fotográficos que permitem ver através de corpos vivos porque diferentes tecidos orgânicos são mais ou menos radiopacos, ou seja, apresentam distintas transparências a essa radiação. O emprego de equipamentos de computação associados ao de **raios-X** possibilita também a formação de imagens tridimensionais, a chamada tomografia computadorizada.

¹³ KANTOR, Carlos, et al. Coleção Quanta Física. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010, p. 89.

TEXTO 3

O ÁTOMO QUÂNTICO

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 26-27.¹⁴)

ENERGIA GRANULADA

As descobertas do elétron, dos **raios-X**, das emissões radiativas α , β , γ e do núcleo atômico, denso e positivo, eram apenas as primeiras revelações de um panorama submicroscópico que se desvendava por meio das radiações. Nas primeiras décadas do século XX, fatos inesperados puseram em dúvidas teorias antes consideradas definitivas. No mundo submicroscópico, novidades muito estranhas se manifestariam: partículas que se moviam sem descrever trajetórias, e ondas que colidiam como se fossem objetos.

GRÃOS DE ENERGIA

Quando um feixe de luz solar atravessa um prisma ou uma gota d'água, a luz branca se dispersa nas cores do arco-íris, do vermelho ao violeta, revelando o que se chama espectro solar. O estudo das cores e de suas intensidades no espectro emitido por objetos incandescentes daria o primeiro golpe na visão clássica do mundo.

¹⁴ KANTOR, Carlos, et al. Coleção Quanta Física. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010, p. 26-27.

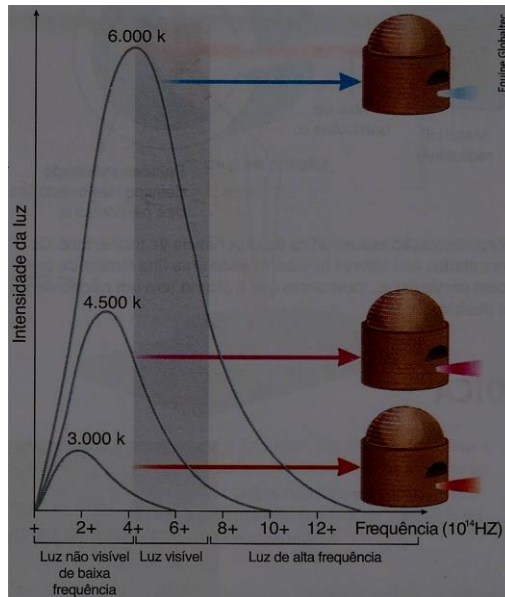


Figura 1: Gráficos como este revelam uma forte relação entre temperatura e intensidade da luz emitida. Observe que para temperaturas elevadas, como 6000 K, há uma emissão muito intensa de todas as frequências de luz visível, resultando em uma composição de cores com tendência o a branco azulado, enquanto para temperaturas menores, como 3000K, a cor predominante é o vermelho, pois a luz visível emitida é de baixa frequência.

Por interesses práticos no campo da metalurgia, faziam-se experimentos para conseguir medir com precisão a temperatura de fornos, analisando a luz que vinha de seu interior. Os resultados mostravam que a cor e o brilho da luz emitida dependiam apenas da temperatura do forno e não do material de que eram feitos.

Enquanto o vermelho-amarelado predomina em aquecimentos moderados, a cor dominante em temperaturas elevadas era o branco azulado. Em outras palavras, um forno produz um espectro de luz: quanto mais quente está, maior é a predominância de azul e violeta na radiação que ele emite.

As teorias anteriores, clássicas, não acertavam a dose de azul e de violeta, problema que foi solucionado em 1900, pelo físico alemão Max Planck

(1858/1947) com uma hipótese muito estranha: a energia da luz emitida pelo interior dos fornos somente poderia ter certos valores múltiplos de uma unidade mínima (*quantum*) igual a hf , sendo f a frequência da radiação. Podemos fazer uma analogia com o dinheiro, que só existe como múltiplo de um centavo: não há moedas de meio centavo. De forma semelhante, de acordo com a teoria de Max Planck, somente poderiam ocorrer trocas de energia com valores iguais a $1hf$, $2hf$, $3hf$. O valor ($h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$) ficou conhecido como constante de Planck. Apesar da exatidão matemática da solução encontrada por Planck, nem mesmo ele conseguia formular uma interpretação física do fenômeno, que, no fundo, significava impor saltos nos valores energéticos, como se cada valor correspondesse a um grão de energia. A energia era, até então, pensada como algo com valor contínuo, sem saltos nem grãos e, muito menos, com valores mínimos. É como se Planck houvesse descoberto que qualquer montanha fosse feita de “microdegraus” sendo impossível subir por ela de forma contínua, mesmo usando cordas, pois não existiriam alturas intermediárias.

GRÃOS DE LUZ

Hoje, todos estamos acostumados a ver, diariamente, claras relações entre luz e fenômenos elétricos. Sabemos que cada ponto da tela da TV ou de um monitor de computador brilha porque foi atingido por um feixe de elétrons, assim como a porta automática do centro comercial ou do elevador abre ao detectar nossa presença porque nosso corpo interrompe um feixe de luz invisível ou infravermelha. Isso tudo, agora, no início do século XXI, é trivial, mas não era no começo do século XX, quando nem se sabia que partículas de luz existiam e que eram capazes de colidir com elétrons.



Centro de São Paulo, em 1950. Nessa época, as descobertas da física Moderna e Contemporânea ainda não tinham aplicações tecnológicas tão imersas em nossa vida cotidiana como atualmente.



Atualmente, o ser humano manipula feixes de luz fazendo com que acionem mecanismos, como na abertura de portas, por exemplo.

A solução quântica de Planck para o problema da relação entre temperatura e cor da luz emitida pelos fornos trouxe indícios sobre o fracionamento, em valores discretos, da energia luminosa e das ondas eletromagnéticas, mas não para seu caráter corpuscular.

Foi Einstein, em 1905, explicando o efeito fotoelétrico, quem interpretou, pela primeira vez, a interação entre elétrons e partículas de luz. O fenômeno recebeu o nome de efeito fotoelétrico porque se trata da emissão de elétrons por placas metálicas quando atingidas por luz de frequência suficientemente alta.

Utilizando a ideia de *quantum* de Planck, Einstein propôs que a luz se propaga pelo espaço como pacotes, denominados fótons, contendo energia de valor múltiplo de hf . Assim, a luz de baixa frequência, como a radiação infravermelha, como a radiação infravermelha, corresponde a fótons de baixa energia, e a luz de alta frequência, como a ultravioleta, corresponde a fótons de alta energia. Quando um material é atingido por fótons de energia suficientemente alta, a luz arranca elétrons instantaneamente. Dessa maneira, a luz que era descrita como onda, passou a ser entendida também como constituída de partículas, que podem colidir com elétrons e arrancá-los de um material.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KANTOR, Carlos, et al. **Coleção Quanta Física**. Volume 3, 1ª. Edição, Editora PD, São Paulo-SP, 2010.