

Ensino de Física Térmica: uma abordagem do modelo de partículas

Gabriel Dias de Carvalho Júnior^a [gabrieljr@uol.com.br]

Orlando Gomes Aguiar Júnior^b [orlando@fae.ufmg.br]

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Colégio Marista Dom Silvério e Pitágoras-Savassi

^b Universidade Federal de Minas Gerais

Introdução

Nos últimos anos, diversas pesquisas desenvolvidas no âmbito do Ensino de Ciências vêm conhecendo progressos notáveis no que diz respeito à compreensão de como a aprendizagem é regulada por fatores endógenos (crenças pessoais, estruturas cognitivas desenvolvidas, conceitos prévios) e exógenos (troca de experiências com colegas, resultados de atividades práticas, informações obtidas por meio de leitura de textos). Como resultado da compreensão da natureza social e pessoal dos processos de aprendizagem escolar, novas abordagens de ensino e formas de intervenção em sala de aula têm sido propostas, com vistas a uma maior efetividade do processo de ensino-aprendizagem. Para isso, têm sido considerados não apenas aspectos específicos do conhecimento a ser ensinado, mas também as formas de entendimento que os estudantes desenvolvem acerca destes conteúdos e, ainda, os recursos e estratégias de ensino (TIBERGHIE, 2000).

O conhecimento a ser ensinado pode ser estruturado a partir de uma base epistemológica e organizado de forma a permitir a superação dos conceitos intuitivos dos alunos em uma sequência de ensino. A utilização das sequências de ensino, construídas com base nos resultados de pesquisas na área de ensino de ciências pode se constituir em *“uma importante ferramenta para que os educadores da atualidade possam aperfeiçoar o aprendizado dos alunos em alguns conceitos específicos”* (LEACH e SCOTT, 2002, p.1). Os estudos conduzidos no âmbito acadêmico e em situações reais de sala de aula nos permitem utilizar referenciais teóricos para planejar situações de ensino de forma a melhorar (1) a aquisição de novos saberes por parte dos aprendizes, (2) a construção de relações entre os conceitos de cada disciplina escolar e (3) o desenvolvimento de habilidades cognitivas para a extrapolação dos saberes aprendidos na Escola.

A construção de uma sequência de ensino se inicia com a escolha dos conceitos e teorias a serem ensinados, a partir de um conhecimento científico estabelecido. Em seguida, devem ser desenhadas as atividades a serem desenvolvidas para que se dê o aprendizado dos conceitos delimitados. Nesse ponto, os obstáculos ao aprendizado devem ser elencados para que se possa planejar atividades com vistas a sua superação. A sequência construída deve permitir aos aprendizes a (1) explicitação de suas concepções acerca dos conceitos que serão trabalhados; (2) testagem de suas concepções em situações práticas; (3) construção de modelos que permitam representar, prever e explicar fenômenos e processos físicos; (4) discussão com os pares para que possa explicitar as suas aquisições conceituais; (5) retorno aos conceitos estudados sob novos pontos de vista, em um movimento recursivo, para ampliar os domínios de abrangência do que foi estudado e (6) extrapolação dos conceitos aprendidos em situações novas, como problemas a serem resolvidos.

Ao longo das atividades desenvolvidas, os alunos devem ser sensibilizados a explicitar as suas impressões, questionar as impressões dos outros e reconstruir os seus próprios modelos. A função principal de uma sequência de ensino é propiciar um espaço para que os aprendizes possam pensar sobre a construção de modelos científicos e testá-los, em um ambiente de constante debate. Portanto, a condução das atividades pelo professor é decisiva na criação de um ambiente de interação que pode contribuir decisivamente para a melhoria das aquisições de conhecimento pelos aprendizes, uma vez que a sequência de ensino não dita regras. Pelo contrário, aponta caminhos para que o professor se programe, em função das demandas dos alunos e do conteúdo a ser ensinado.

“para conseguir bons resultados, o professor precisa estar ciente das compreensões dos alunos e desenvolver linhas de argumentação convincentes. Tais argumentos devem envolver: questões-chave as quais atingem o cerne das incertezas dos estudantes; uso de analogias particulares para apoiar os estudantes no desenvolvimento de seus pensamentos ou ainda para revelar situações de conflitos de modo a confrontar diferentes pontos de vista. (LEACH e SCOTT, 2002, p.9)

O desenho e a aplicação de uma sequência de ensino de um dado assunto devem estar profundamente embasadas em resultados de pesquisas desenvolvidas no âmbito educacional. Tais pesquisas permitem examinar em detalhe não apenas as concepções e tendências de raciocínio dos estudantes, mas ainda o processo argumentativo que sustenta o desenvolvimento e validação de teorias científicas, e as características dos modelos e representações desenvolvidos pela ciência, que se constituem enquanto objeto do aprendizado científico.

1. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO ASSUNTO

A Física Térmica se constitui em um tópico de grande relevância no contexto da Física por discutir os princípios da conservação e da degradação da energia. A estruturação interna dos conceitos de calor, trabalho, energia interna, temperatura e equilíbrio térmico revela uma complexa teia de relações que estão presentes no cotidiano das pessoas, com profundas implicações no desenvolvimento tecnológico. Portanto, a importância deste tema não se justifica apenas por sua importância teórica no escopo da própria Física, mas envolve ainda outras questões como problemas de isolamento, refrigeração, eficiência e rendimento de motores (AGUIAR JR, 2001).

O contato com fenômenos térmicos como o aquecimento e resfriamento, a utilização de cobertores e agasalhos, a utilização do tato como sensor de temperatura vão fornecendo elementos para que o sujeito, ao longo de sua vida, vá construindo modelos de funcionamento, mediados pela linguagem e cultura. Não raro, as construções obtidas pelas pessoas diferem da organização conceitual da Física Térmica, sendo ineficientes para uma formulação coerente das relações entre calor e temperatura. No entanto, elas estão presentes no cotidiano da sala de aula e tendem a se contrapor aos conceitos apresentados durante o processo de ensino. A literatura na área de educação científica revela a existência de várias concepções alternativas acerca dos conceitos de temperatura e calor, o que pode dificultar o seu entendimento (BURGHI & SUSSAN, 1985; GUESNE, TIBERGHIE & DELACOTE, 1978; LABURÚ et alii, 2000). Pesquisas apontam que, mesmo após o estudo formal da Física Térmica no Ensino Médio, muitos estudantes não conseguem superar suas concepções alternativas, nem tampouco distanciar-se criticamente delas.

A utilização de uma sequência de ensino de acordo com as bases citadas na introdução deste projeto pode contribuir para que os alunos se apropriem dos conceitos relativos aos fenômenos térmicos e consigam construções mais sólidas e duradouras acerca dos conceitos envolvidos (ARNOLD e MILLAR, 1994 e 1996).

A análise das pesquisas em ensino de ciências revela a existência de lacunas na aprendizagem de diversos conceitos relativos à Física Térmica. Algumas concepções espontâneas (ou conceitos alternativos) dos alunos são muito fortes e resistem à instrução formal em situações escolares. Essas concepções que os estudantes levam para as salas de aula devem ser consideradas na elaboração de atividades de ensino. A partir daí, a sequência de ensino deve permitir que cada aprendiz tenha as suas concepções postas em cheque por meio da condução das atividades, em momentos individuais e coletivos. Devemos estar especialmente atentos para alguns traços das concepções dos estudantes que se opõem à compreensão do ponto de vista adotado pela ciência, constituindo-se em obstáculos à aprendizagem. Destacamos, no quadro a seguir, obstáculos, de natureza ontológica ou epistemológica, que têm sido identificados pela pesquisa em educação em ciências ao desenvolvimento dos conceitos básicos em termodinâmica.

Concepções Alternativas
Transferência bilateral de energia: calor e frio como entidades opostas.
Não diferenciação entre calor e temperatura: O calor é visto como temperatura alta. Um corpo é tido como quente quando possui muito calor.
Estudo dos fenômenos por meio de variáveis macroscópicas: As características microscópicas da matéria não são consideradas.
Não consideração da vizinhança: Em muitos fenômenos relacionados com aquecimento e resfriamento, há a tendência de se considerar o corpo separadamente do ambiente no qual ele está inserido. Esse fato corrobora para o não entendimento do princípio da conservação da energia.
Objetos em um mesmo ambiente não são identificados como possuidores da mesma temperatura: Crença na existência de uma “Temperatura Natural” para cada corpo. Assim, corpos que estão em um mesmo ambiente não necessitam estar em equilíbrio térmico entre si.
Crença de que as partículas não continuam a se mover, indo lentamente ao repouso: Profundamente influenciada por uma vivência com os corpos macroscópicos que, ao serem arremessados, param após certo tempo, este obstáculo está na raiz de muitas dificuldades de aprendizado também da Mecânica.
Transferência de propriedades macro para micro: Aplicação de conceitos macroscópicos para explicar eventos que ocorrem no nível microscópico. São comuns expressões como “o átomo esquentou” ou “a molécula dilatou após entrar em atrito com as outras”.

Tabela 01: Tendências do pensamento comum como obstáculos ao pensamento termodinâmico

Acreditamos, então, que a construção e posterior aplicação de uma sequência de ensino que tenha como premissas (1) o mapeamento dos conceitos alternativos dos alunos; (2) introdução dos estudantes aos modelos e modos de pensar da ciência; (3) organização das atividades de ensino que permitam ao estudante a confrontação de suas concepções espontâneas com os modelos utilizados pela Física; (4) a possibilidade de um espaço para debate de idéias entre os alunos, no sentido de “*se criar conflitos cognitivos ou dirimir lacunas possíveis ou criar ambiente de busca conjunta*” (SILVA, 1995, p.61) entre o professor e pequenos grupos ou a turma inteira; (5) a recursividade dos assuntos estudados, de tal modo que os alunos possam trabalhar com o mesmo conceito em diversos momentos, sob pontos de vista diferentes e (6) a avaliação processual das novas aquisições conceituais, de modo a contribuir para a internalização de relações conceituais duradouras e efetivas.

2. CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

2.1. Pressupostos

Tivemos a Epistemologia Genética de Piaget como referencial teórico na construção de situações de ensino que pudessem engendrar equilíbrios majorantes, no sentido de uma re-estruturação de visão de mundo a partir do contato do estudante com os referenciais da cultura científica em situações desafiadoras. Assim, foi concebido um desenho inicial de sequência de ensino, na qual os conceitos e modelos são desenvolvidos com um aprofundamento progressivo e recursivo, de modo a permitir sucessivas – e mais complexas – elaborações dos mesmos.

Uma preocupação adicional foi a de permitir que as atividades evidenciassem (1) relações que partissem de elaborações mais gerais e fossem encaminhadas para situações mais específicas do conteúdo e vice-versa (todo à partes; partes à todo), (2) situações de ensino que fossem iniciadas na análise das características microscópicas e passassem para grandezas macroscópicas e vice-versa (micro à macro; macro à micro) e (3) construções teóricas que pudessem ser evidenciadas por evidências empíricas e vice-versa (teórico à empírico; empírico à teórico).

2.2. Construção

Tendo em vista as preocupações citadas, procedemos, então, à análise epistemológica dos conteúdos relativos à Física Térmica, com vistas à sua organização dentro da sequência. Decidimos que o modelo cinético-molecular teria um papel central dentro das atividades por permitir uma explicação baseada em características microscópicas dos fenômenos térmicos. Confeccionamos, a seguir, o planejamento da sequência de ensino, com a escolha e a ordenação dos conceitos a serem ensinados, tomando-se como base as categorias intra, inter e trans-objetais propostas por PIAGET & GARCIA (1984). Tal planejamento está indicado na tabela a seguir.

PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES SEGUNDO O MODELO INTRA, INTER E TRANS			
NÍVEIS	FASES		
	INTRA	INTER	TRANS
I. Levantando Suspeitas	Calor e temperatura denotam conceitos diferentes. O frio denota apenas uma menor quantidade de calor. Calor e frio não são entidades opostas.	<u>Relações:</u> A temperatura está relacionada à energia de um sistema. O calor está relacionado com a interação entre os sistemas. <u>Transformações:</u> A temperatura de um sistema pode mudar sem calor. Pode haver calor sem a mudança de temperatura.	Quando dois sistemas estão a diferentes temperaturas, haverá transferências de energia entre eles na forma de calor. Como resultado desta transferência, os sistemas tendem ao equilíbrio térmico. A descrição dos fenômenos térmicos exige uma formulação mais coerente dos conceitos de temperatura e calor.
II. O modelo de Partículas	A matéria é composta por partículas. Elas se movem sem parar. O movimento aleatório denota uma certa desorganização do sistema.	<u>Relações:</u> As partículas interagem à distância. <u>Transformações:</u> Agentes externos podem mudar as interações. A desordem aumenta nas transformações.	Há energia associada ao movimento e à interação das partículas. A quantidade e a qualidade de informações disponíveis de um sistema diminui com o aumento da desordem. As trocas de energia são característica dos sistemas. Nessas trocas, realizadas por meio de calor e/ou trabalho, há conservação da energia.
III. Sistematizando os conceitos	As trocas de energia sob a forma de calor aumentam a desordem (entropia) do sistema. O fluxo de calor tem um sentido único.	<u>Relações:</u> As trocas de calor conduzem ao Equilíbrio Térmico. <u>Transformações:</u> Mudanças de fase, dilatação.	1ª e 2ª leis da termodinâmica. Sistematização para a aplicação em sistemas térmicos reais.

Tabela 02: Planejamento da sequência de ensino de acordo com as etapas INTRA, INTER E TRANS.

A organização final da sequência se deu da seguinte forma:

1. *Atividade de abertura*: o objetivo central de tal atividade é mapear os conceitos intuitivos dos alunos, possibilitando uma intervenção pontual no decorrer de todo o trabalho. A confrontação entre as respostas dadas nesta atividade e as respostas finais (após a aplicação da sequência) é um dos indicativos da efetividade do processo como um todo. Além disso, as questões propostas na atividade de abertura pretendem fomentar o interesse e a curiosidade dos estudantes, aumentando seu engajamento.
 2. *Texto Inicial*: o texto em questão foi adaptado do livro “Física Divertida”, de Carlos Fiolhais (Fiolhais, 2000). A idéia central é apresentar um pano de fundo para toda a sequência. O autor conta, com muito bom humor, a evolução dos conceitos de calor, temperatura e trabalho termodinâmico. Ao longo do texto, foram inseridas perguntas para a discussão em grupo. Não queríamos formalizar os conceitos neste momento. As questões têm o papel de diagnóstico, procurando verificar o significado dado pelos alunos às informações recebidas. Por exemplo, quando o texto aborda a construção de termômetros, a pergunta inserida é: “Para você pensar: Um termômetro sempre mede a temperatura do próprio aparelho! Você concorda com essa afirmativa? Discuta com seus colegas e apresente uma justificativa para a sua posição”.
 3. *Levantando Suspeitas*: neste tópico estão agrupados textos e atividades. O texto inicial mostra qual é o objeto de estudo da Física Térmica e conduz às atividades de ensino. As atividades buscam operar conflitos cognitivos nos alunos, apresentando situações em que as concepções prévias não se confirmam na prática. Após cada atividade realizada, há questões para discussão coletiva cujo objetivo é sistematizar as observações feitas. As concepções prévias tomadas como base para o desenho das atividades foram aquelas apresentadas na seção anterior (ver tabela 01).
- a. *Atividade 01 – O que é o quente e o frio?*: prática cujo objetivo é mostrar que o tato não é um instrumento adequado para a medição de temperatura.
 - b. *Atividade 02 – Mesma temperatura?*: dois objetos, um de madeira e outro de alumínio, são estudados. Um termopar é usado para verificar que a temperatura de ambos é a mesma. É solicitado que os estudantes toquem os objetos. Os alunos devem discutir entre eles e tentar buscar modelos explicativos para o observado.
 - c. *Atividade 03 – O frio pode ser quente?*: com o auxílio de um termômetro, mede-se a temperatura de uma mistura de gelo picado e sal. Em seguida, coloca-se o termômetro em um recipiente que possui gelo em fusão. O objetivo é mostrar que mesmo os objetos ditos frios podem funcionar como “fonte de calor”.
 - d. *Atividade 04 – Temperatura constante?*: esta prática mostra que, durante a mudança de fase, sob a ação de uma fonte térmica, a temperatura de uma certa quantidade de gelo permanece constante. Com esta atividade pretende-se concluir que, em casos de mudanças de fase, a transferência de calor não produz variação de temperatura.
 - e. *Atividade 05 – Aquecendo sem calor*: os alunos são conduzidos a um site¹ que explica o funcionamento de um forno de microondas. A proposta é que eles possam, a partir da exploração do site, entender como se dá o aquecimento de alimentos em um forno de microondas (sem que haja a utilização de calor).

¹ <http://www.colorado.edu/physics/2000/microwaves/index.html>

- f. *Atividade 06 – Mesmo aquecimento?*: iguais quantidades de calor são fornecidas a (1) 100g de água, (2) 500g de água e (3) 500g de óleo. É solicitado que os alunos meçam a temperatura final em cada situação. A mesma quantidade de calor produz variações de temperatura diferentes.

Após a realização das atividades, há um texto cujo objetivo é sistematizar as conclusões tiradas pelos estudantes.

4. *Vendo Além dos Olhos*: No texto inicial são apresentadas as características básicas do modelo cinético-molecular como uma possibilidade de explicar as situações “estranhas” verificadas em toda a seção anterior. A apresentação do modelo cinético é feito a partir de um quadro intitulado “O Decálogo do modelo de partículas”, apresentado no anexo I. Em seguida, são feitas duas atividades práticas. A primeira, denominada “examinando o movimento das partículas”, é feita em duas partes, uma sobre a dissolução de cristais de permanganato de potássio em recipientes com água e a outra sobre a expansão de uma massa de ar, quando aquecida. O objetivo central é permitir uma associação entre as características 6 e 7 do decálogo. A segunda atividade pretende fornecer elementos para que os alunos possam estabelecer relações de analogia. A idéia é realizar uma comparação entre as características 4, 5, 6 e 10 do decálogo com uma atividade lúdica e prática. Cada aluno deve se comportar como uma partícula. Molas do tipo “slink” são usadas para representar as ligações entre as partículas. Ao final da atividade, é solicitado que os alunos discutam as semelhanças entre o que eles fizeram e o modelo de partículas, com vistas a construir relações analógicas que possam, mais tarde, ser usadas como uma das bases de raciocínio por parte dos aprendizes. Um pequeno texto é inserido para sistematizar as observações já realizadas. Em seguida, são realizadas mais quatro atividades, a saber:
- a. *Compreendendo a natureza estatística*: uma atividade baseada em simulação de computação, que mostra algumas características do decálogo.
 - b. *Livre caminho médio*: atividade realizada com uma folha de isopor, agulhas e linha de costura. Cada grupo de alunos sorteia uma direção para traçar uma linha que representa o movimento de uma partícula de um gás.
 - c. *Movimento browniano*: uma pesquisa em um site² que explica o mecanismo do movimento browniano como uma aplicação do modelo cinético molecular.
 - d. *Trabalhando com a desordem*: esta atividade mostra, a partir de algumas práticas rápidas, que a tendência dos sistemas é atingir situações em que a desordem é máxima.

Em seguida, um texto apresenta o conceito de entropia e discute algumas implicações das leis da termodinâmica. Ao final da seção, o texto “Tempo, vida e entropia”, de Marcelo Gleiser, contesta a suposta contradição entre o segundo princípio da termodinâmica e a teoria biológica da evolução, afirmando que sistemas mais complexos de organização decorrem das trocas entre organismo e meio ambiente.

5. *Aplicando os conceitos*: são apresentados, nesta seção, 10 problemas envolvendo conceitos que não foram explicitamente trabalhados como, por exemplo, calor específico e calor latente. O objetivo desta seção é avaliar as aprendizagens dos alunos a partir da análise das estratégias utilizadas por eles para a abordagens de problemas inéditos (ver algumas questões no anexo II). Ao final, foram colocadas algumas questões propostas em exames vestibulares da Universidade Federal de Minas Gerais, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e Universidade Estadual de Campinas

² <http://www.fisica.ufc.br/brown/brown.htm>

2.3. Exploratório

Uma versão preliminar da sequência de ensino foi construída e testada, em uma atividade exploratória, com 10 alunos que estavam cursando a terceira série do ensino médio de um colégio particular³ da cidade de Belo Horizonte – MG nos meses de novembro e dezembro de 2002. Os objetivos desse estudo exploratório foram verificar a relevância e aferir a duração das atividades práticas, bem como se construir uma validação das atividades avaliativas. Ao final deste, foi possível a re-elaboração de algumas atividades, e a troca de outras.

Fez-se a opção de trabalhar com alunos da terceira série porque eles já haviam estudado a Física Térmica na segunda série e, portanto, já tinham uma certa familiaridade com os conceitos estudados⁴. Os alunos puderam, então, comparar as situações de ensino propostas pela sequência com as estratégias utilizadas pelo professor, durante o estudo dos conceitos em sala de aula (no ano anterior). As discussões foram muito interessantes e apontaram caminhos para a finalização da sequência de ensino.

Uma análise inicial das atividades propostas pela sequência mostra que os alunos vêm corroborar as conclusões dos trabalhos de ARNOLD e MILLAR (1994 e 1996): mesmo após o estudo formal da Física Térmica no Ensino Médio, diversos estudantes não conseguem superar suas concepções alternativas. As respostas apresentadas às duas últimas questões da atividade de abertura (questão 07 – O que você entende por calor? e questão 08 – O que é temperatura para você? Qual é a relação entre calor e temperatura?) indicam que há uma grande dificuldade por parte dos alunos em conceituar corretamente calor e temperatura e em apresentar a relação entre estes dois conceitos.

07) Calor é a quantidade de energia que um corpo possui.”

08) “Temperatura é a quantidade de calor que um corpo tem.”

(Aluno A)

07) “É toda forma de transferência de energia.”

08) “A quantização do calor. A quantidade de energia que é transferida (calor) é quantizado através da temperatura.”

(Aluno B)

07) “É o nível de energia que tem uma molécula.”

08) “É uma escala que mede o nível de calor num corpo. A relação é que eles são diretamente proporcionais.”

(Aluno C)

07) “Quantidade de energia transferida de um corpo a outro.

08) Estado médio de agitação das moléculas de um corpo. Quando um corpo absorve energia – calor – suas moléculas se agitam mais, aumentando sua temperatura. O inverso também é verdadeiro.”

(Aluno D)

07) “Calor é a energia que pode ser transferida de uma substância, um corpo, para outro(s).

08) Temperatura é a medida da energia cinética média das moléculas. Temperatura mede quantidade de calor.”

(Aluno E)

07) “Energia de agitação das moléculas.”

08) “Temperatura é uma associação de um número para determinado grau de nível de agitação. Quanto mais calor liberarmos para um objeto maior será a temperatura, o contrário também é verdadeiro.”

(Aluno F)

- 07) “Calor é energia que é transferida entre as moléculas e aumenta a energia cinética das moléculas.”
- 08) “Temperatura é uma grandeza que mede o grau de energia cinética das moléculas de um certo sistema’ (Aula de Física). Quanto maior o calor, maior o grau de agitação, maior a temperatura.”
(Aluno G)
- 07) “Calor é energia em trânsito, de moléculas mais energéticas para menos energéticas.”
- 08) “Temperatura é a energia cinética média das partículas de um corpo. Ela difere do calor por ser a medida da energia das partículas, e não a energia propriamente dita.”
(Aluno H)
- 07) “Calor é uma forma de energia que influencia na energia cinética média das moléculas aumentando e diminuindo a temperatura da matéria.”
- 08) “Temperatura é o grau de agitação média das moléculas de um sistema. Calor é a energia (transportada de várias maneiras), que acaba influenciando na temperatura.”
(Aluno I)
- 07) “Calor é a energia transferida de um corpo a outro, para tentar igualar as temperaturas.”
- 08) “Temperatura é o grau de agitação das partículas de um corpo. Calor é a energia transferida para igualar as temperaturas.”
(Aluno J)

Pode-se perceber que os alunos A, C e F apresentam um conceito para calor muito próximo ao de energia interna, o que compromete, por sua vez, a distinção entre calor e temperatura, já em curso, mas incapaz de ser apresentada em termos de proposições generalizáveis. A apresentação de temperatura como sendo um “grau de calor” é recorrente nas respostas desses alunos. Os alunos B, D, E, G, H e J apresentam uma conceituação mais sofisticada para o calor, relacionando-o à energia transferida. No entanto, a conceituação de temperatura ainda é problemática para os alunos. A identificação da relação entre calor e variação de temperatura foi feita por alguns alunos e não se considerou a possibilidade de haver calor sem variação de temperatura. Alguns alunos tentaram correlacionar a temperatura com características microscópicas, o que pode ser verificado pelas respostas dos alunos D, E, G, I e J.

A despeito dessas dificuldades, pode-se perceber que as questões mais específicas acerca de trocas de calor ou sensações térmicas apresentaram respostas corretas, o que indica a coexistência de várias teorias no arsenal explicativo dos alunos. Dependendo da situação que deve ser explicada, uma ou outra teoria é utilizada, podendo conduzir a respostas corretas a determinadas questões.

A questão 03⁵ mostra claramente o que está sendo dito. As respostas, de uma forma geral, apresentam uma sofisticação não reconhecida nos textos apresentados nas questões 07 e 08. Assim, o aluno J afirma que *“Essa impressão é errada, pois ambos, a porta e a maçaneta, estão à mesma temperatura, 25°C. A sensação de que a maçaneta está mais fria ocorre devido à diferença da condutividade térmica dos dois elementos”*, posição acompanhada por todos os demais alunos. O aluno C cita o calor específico dos materiais em questão como um fator que também influencia na sensação térmica indicada.

⁵ Uma porta de madeira possui uma maçaneta metálica e está em um ambiente que se encontra a 25°C. Uma pessoa coloca uma das mãos na porta e a outra na maçaneta e tem a impressão de que a maçaneta está mais fria. Responda se essa impressão é correta. Justifique a sua resposta.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No momento em que estamos vivendo uma profunda mudança nos paradigmas educacionais, onde as palavras-chave transmissão, aplicação e memorização estão sendo substituídas por construção, extrapolação e relação, torna-se necessária uma re-significação das práticas pedagógicas, dos conteúdos, dos procedimentos e dos nossos valores como educadores.

A questão central deste trabalho se apóia na construção de uma seqüência de ensino e pretende apontar caminhos que permitam aos alunos e aos professores uma maior autonomia frente às questões de ensino-aprendizagem.

Assim, os resultados obtidos por essa pesquisa podem servir de inspiração para novas investidas por outros professores, em outros tópicos de conteúdo das ciências, contribuindo, portanto, para que o ensino com bases construtivistas possa, de fato, atingir em cheio no chão da sala de aula, permitindo aos alunos maneiras mais significativas e originais de se aproximar dos objetos de conhecimento.

4. BIBLIOGRAFIA

- AGUIAR JR., Orlando (1999). Calor e Temperatura no Ensino Fundamental: Relações entre o Ensino e a Aprendizagem numa Perspectiva Construtivista. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.4, n.1, p.1-15. Publicação Eletrônica: www.if.ufrgs.br/public/ensino.
- AGUIAR JR., Orlando (2001). Modelo de Ensino para Mudanças Cognitivas: um instrumento para o planejamento do ensino e a avaliação da aprendizagem em ciências. Belo Horizonte: Faculdade de Educação, UFMG. (Tese, Doutorado).
- AGUIAR JR., Orlando e SARAIVA, João Filocre (1999). Modelo de Ensino para Mudanças Cognitivas: Planejamento e Diretrizes de Pesquisa. *Ensaio*, v.1, nº 1. Belo Horizonte: Faculdade de Educação. pp 47 – 67.
- ARNOLD, M., MILLAR, R. (1994). Learning the scientific ‘story’: a cause study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education*, v. 80, n.3, p. 249-281.
- ARNOLD, M., MILLAR, R. (1996) Children’s and lay adults’ views about thermal equilibrium. *International Journal of Science Education*, v. 16, n.4, p. 405-419.
- ASTOLFI, J. P., DEVELAY, M. (1991). A Didática das Ciências. Campinas: Papirus.
- BACHELARD, G. (1996). A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Estela S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto. (Edição original publicada em 1938)
- CÁRDENAS, M., LOZANO, S. R. (1996) Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: una propuesta didáctica. *Enseñanza de las ciencias*. v. 14. n. 3. p. 343-349.
- CARVALHO, A. M. P., FERNANDEZ NETO, V., SILVA, D. (1998). Ensino da distinção entre calor e temperatura: Uma visão construtivista. In: *Questões atuais no ensino de ciências*. NARDI, Roberto (org.). São Paulo: Escrituras. p. 91-75.
- CARVALHO, A. M. P., LABURU, C. E. (1995). Uma descrição da forma do pensamento dos alunos em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo. (n.3): 243-244, set.
- DUIT, R., GLYNN, S (1996). Mental Models. In: WELFORD, G., OSBORNE, J., SCOTT, P. *Research in Science Education in Europe: Current issues and themes*. Londres: The Folmer Press. p. 166-76

- ERICKSON, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, v63, n. 2, p. 221-230.
- ERICKSON, G., TIBERGHIE, A. (1985). Calor e temperatura. In: DRIVER, R., GUESNE, E., TIBERGHIE, A. (Eds.). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata, p. 89-93.
- FIOLHAIS, Carlos (2000). Física Divertida. Brasília: Editora UnB.
- GUESNE, E., TIBERGHIE, A., DELACOTE, G. (1978). Methodes et resultats concernant l'analyse des conceptions des élèves dans différents domaines de la physique. Deux exemples: les notions de chaleur et lumière. *Revue Française de Pédagogie*, n. 45, p. 25-32.
- HODSON, D. (1988). Experimentos em ciências e no ensino de ciências. *Educational Philosophy and Theory*. 20 (2), 53-66. 1988.
- KESIDOU, S., DUIT, R. (1993). Students' conceptions of the Second Law of Thermodynamics – an interpretative study. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n. 1, p. 85-106.
- LABURU, C. E., SILVA, D., CARVALHO, A. M. P. (2000). Analisando uma Situação de Aula de Termologia com o Auxílio do Vídeo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. volume 22 São Paulo. (n.1): 100-105, mar.
- LEACH, J., SCOTT, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. mai.
- MILLAR, R., OSBORNE, J. (eds) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. Nuffield Foundation.
- PIAGET, J. (1976). A equilibração das estruturas cognitivas. Trad. Marion M. Penna. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- PIAGET, J., GARCIA R. (1984). Psicogênese e historia de la ciencia. 2. ed. México: Siglo Veintiuno Editores.
- SILVA, D. (1995). *Estudos das trajetórias cognitivas dos alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura*. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação – USP.
- TEIXEIRA, O., CARVALHO, A. M. (1998). O ensino de calor e temperatura. In: NARDI, R. (org.). *Pesquisas em ensino de física*. São Paulo: Escrituras, p. 47-60.
- TIBERGHIE, A. (2000). Design teaching situations in the secondary school. In: MILLAR, R. LEACH, J. e OSBORNE, J. *Improving science education: contribution of research*. Buckingham: Open University Press. p. 27-47.
- VAZQUEZ DIAZ, J. (1987). Alguns aspectos a considerar en la didactica del calor. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 3, p. 235-238.

Anexo I: O decálogo do modelo de partículas***10 mandamentos do modelo de partículas***

1. A matéria é formada por partículas e espaço vazio entre elas.
2. O número de partículas é muito grande e seu tamanho pequeno.
3. As características das partículas são diferentes das dos objetos macroscópicos.
4. As partículas interagem entre si à distância por meio de forças eletromagnéticas.
5. A essa interação associamos uma Energia Potencial.
6. As partículas estão em movimento aleatório e constante à Energia Cinética.
7. A temperatura de um corpo está associada à energia cinética média das partículas.
8. As colisões entre as partículas são feitas sem a perda de energia.
9. Tais colisões tendem a igualar as energias cinéticas dos objetos.
10. A organização das partículas é diferente nos diversos estados físicos conhecidos.

Anexo II: Problemas

Problema 02: Calor Específico: Quando fornecemos a mesma quantidade de energia térmica para vários corpos de mesma massa e constituídos de substâncias distintas, podemos verificar que os seus aquecimentos são diferentes. É interessante observar que se os corpos absorvem a mesma quantidade de energia. Portanto, verificam o mesmo acréscimo em suas respectivas temperaturas. Como explicar, de acordo com o modelo de partículas, que as elevações de temperatura dos corpos sejam diferentes?

Problema 05: Condução Térmica: Já sabemos que o calor é o processo de transferência de energia entre dois sistemas, motivado pela diferença de temperatura entre eles. No entanto, temos várias maneiras de estabelecer esta transferência. Uma delas é chamada de **condução**. Esse processo ocorre, principalmente, nos sólidos e se dá pela transmissão da energia por meio da vibração das partículas. Observe a figura e **RESPONDA**: levando em conta o modelo de partículas, como pode haver transferência de energia térmica ao longo da barra. Faça um desenho que possa indicar a sua idéia.

