

# UMA TENTATIVA PARA ULTRAPASSAR CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE CALOR E TEMPERATURA

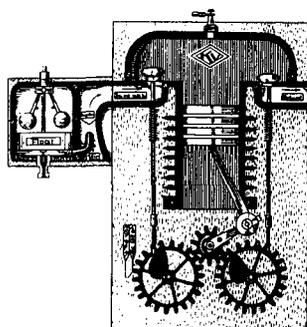
MARÍLIA F. THOMAZ, I. M. MALAQUIAS, M. O. VALENTE E M. J. ANTUNES

Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3800 Aveiro

*Os conceitos de calor e de temperatura, e outros com estes relacionados, são reputados por provocarem problemas conceptuais nos alunos. Resultados de investigação têm evidenciado que a abordagem tradicional ao ensino destes conceitos não tem promovido mudança conceptual. Numa tentativa para ultrapassar esta situação, elaborou-se e implementou-se um modelo alternativo para a introdução formal destes conceitos. O modelo tem subjacente uma perspectiva construtivista e as mudanças propostas são baseadas nos resultados de investigação educacional atrás citados.*

*O estudo foi desenvolvido por quatro professores, dois do ensino universitário e dois do ensino básico/secundário.*

*Os resultados sugerem que o modelo tem potencialidades para promover uma melhor compreensão dos conceitos em causa. A investigação em acção desenvolvida provou ser uma actividade útil e eficiente no âmbito da formação contínua de professores.*



## Introdução

O ensino tem sido descrito (Zumwalt 1982) como um processo deliberativo que requer dos professores uma reflexão profunda sobre aquilo que fazem. D. Khun (1986) faz notar que “uma extensa e importante literatura teórica no campo da educação, que remonta aos princípios deste século, reflecte a opinião de que a única maneira de melhorar o pensamento dos professores é envolvê-los nele”.

Por outro lado, ao longo das duas últimas décadas, têm sido realizados muitos estudos sobre concepções alternativas em Física (ex. Driver 1981, Gilbert e Watts 1983, MacDermont 1984, Novack 1987, Vasconcelos 1987, Maurines 1992). Esses estudos têm evidenciado a importância que aquelas concepções têm na compreensão por parte dos alunos, de conceitos-chave em Física.

Um dos tópicos a ser tratado no currículo da Física no ensino básico diz respeito a uma introdução à termodinâmica, mais precisamente, à calorimetria. Em

Portugal, este conteúdo tem sido introduzido no 9.º ano de escolaridade. No entanto, estudos realizados com estudantes de cursos universitários de ciências (Thomaz 1990, Latas 1993) mostraram que muitos destes alunos possuem ideias, relacionadas com os conceitos de calor e temperatura, semelhantes às existentes em crianças antes do ensino formal e em adultos, cuja formação científica formal terminou no 9.º ano de escolaridade.

Várias investigações sobre as ideias que os alunos possuem sobre calor e temperatura, realizadas concretamente no domínio da Termodinâmica (ex. Erickson and Tiberghien 1980, 1985, Clough e Driver 1985, Thomaz 1990, Latas 1993), permitiram identificar as seguintes concepções alternativas:

(i) muitos alunos entendem calor como uma espécie de substância existente nos corpos, que se move através deles e que pode passar de uns para os outros. Esta ideia é muitas vezes reforçada pelos livros de texto;

Estudo piloto

Descrição do modelo de ensino

Resultados e conclusões

(ii) muitos alunos discriminam insuficientemente calor de temperatura. Para eles temperatura é uma propriedade do material de que o corpo é feito e é uma medida do seu calor;

(iii) para a maioria dos alunos, diferentes sensações significa diferentes temperaturas e o conceito de equilíbrio térmico, considerado pelos professores e autores de livros de texto como um dado adquirido pelos alunos, na grande parte dos casos não é possuído por estes. Quando em contacto com um ambiente a uma certa temperatura, durante um intervalo de tempo suficientemente longo, a temperatura de um objecto é vista, por um grande número de alunos, como dependente primordialmente da substância de que os corpos são feitos;

(iv) também muitos alunos pensam que aquecer uma substância significa sempre aumentar a sua temperatura. A temperatura de mudança de fase não é considerada como uma característica de uma substância pura;

(v) por outro lado, a temperatura de transição de fase é vista, por um grande número de alunos como a temperatura máxima que uma substância pode alcançar quando aquecida.

Resultados de investigação têm evidenciado que muitas das ideias sobre calor e temperatura, previamente associadas com o pensamento das crianças, permanecem em alunos do ensino básico, secundário e mesmo universitário.

Clough e Driver (1985) fazem notar que “as concepções alternativas dos alunos não têm sido notadas devido à maneira como o ensino é conceptualizado e realizado”. No entanto, tal como salientado por Rowell et al (1990), embora exista uma vasta publicação sobre investigação relacionada com a identificação das ideias dos alunos acerca de conceitos científicos, relativamente pouco tem aparecido sobre a maneira como as concepções alternativas podem ser mudadas e sobre a razão porque se espera que estratégias propostas tenham sucesso.

Por outro lado, há também grande evidência de que o sucesso ou insucesso de qualquer implementação curricular depende, primeiro que tudo, da maneira como os professores a vêem. A implementação pode ser vista pelos professores como um processo que lhes é externamente imposto, e a probabilidade de falhar é muito grande, ou pode ser visto como um processo no qual estão genuinamente interessados, muito envolvidos no seu desenvolvimento e sobre o qual reflectiram e discutiram largamente. Nesta última situação, a implementação tem uma probabilidade de sucesso muito maior.

Um grupo de dois investigadores universitários e dois professores do ensino básico/secundário, partilhando as

ideias de D. Khun atrás referidas, realizaram um estudo que envolveu a elaboração e implementação de um modelo de ensino que permitisse ultrapassar concepções alternativas dos alunos sobre calor e temperatura e conceitos com estes relacionados. A implementação do modelo foi feita no contexto das aulas de Física das turmas normais dos dois professores que trabalhavam na mesma escola.

## O Estudo

O estudo desenvolveu-se em três fases. Numa primeira fase, o grupo trabalhou durante várias sessões, nas quais os professores do ensino básico/secundário foram introduzidos na problemática das concepções alternativas. Foi feita uma revisão da literatura sobre o tópico, seguida de uma reflexão e discussão conjuntas, que ajudaram à consciencialização do problema sobre o qual nunca tinham, até então, reflectido.

Numa segunda fase, no ano lectivo de 1991/92 e antes do começo do ensino formal dos fenómenos relacionados com calor e temperatura, foi aplicado um questionário diagnóstico, um pré-teste, a 92 alunos, 79 das classes dos professores/investigadores e 13 da classe de um outro professor da mesma escola que não estava envolvido no estudo. Esta última classe funcionou como turma de controlo. A cada aluno foi pedido que respondesse a questões de escolha múltipla e que desse as razões da sua escolha. Este último aspecto foi considerado essencial pois a razão fornecida pelos alunos permitiria ter uma ideia da lógica usada e da existência de quaisquer possíveis concepções alternativas. A última questão era uma questão de resposta aberta em que se pedia aos alunos que dessem as suas ideias sobre os conceitos de calor e de temperatura.

Com base nos resultados da análise de conteúdo das respostas a este pré-teste, o grupo dispendeu várias sessões na elaboração do modelo de ensino, que foi depois implementado pelos professores nas suas classes. Elaborou-se, entretanto, um segundo questionário, com os mesmos objectivos do primeiro, mas com questões diferentes, que viria a ser aplicado no fim da implementação. Foram video-gravadas e analisadas pelo grupo 10 aulas de cada professor. As sessões de elaboração do modelo e as de discussão das aulas realizadas revelaram-se extremamente enriquecedoras para qualquer dos investigadores pois criaram oportunidades para discussões interessantes não só sobre os acontecimentos ocorridos durante as aulas (relacionados com aspectos científicos e pedagógicos) mas também de uma análise mais aprofundada dos aspectos científicos envolvidos.

Este primeiro estudo foi usado como estudo-piloto e também como um meio para promover um período de

treino para os professores do ensino secundário que actuavam como investigadores pela primeira vez na sua vida profissional.

Na terceira fase, no ano lectivo 1992/93, e com base nos resultados da implementação anterior, desenvolveu-se um segundo ciclo de actividades, cujos resultados são os que se apresentam neste artigo.

Nesta última fase, a classe de controlo foi escolhida numa outra escola, de modo a evitar possíveis interferências com a implementação. Foi decidido seguir apenas uma classe de cada professor. O pré-teste foi aplicado a 48 alunos das classes experimentais e a 31 alunos da classe de controlo.

Exemplos de itens de ambos os testes são apresentados no apêndice I.

### Descrição do modelo para o ensino dos conceitos de calor e temperatura e seus relacionados

Um dos resultados mais impressionantes da análise de conteúdo das respostas ao primeiro teste foi a dificuldade revelada pelos alunos em aceitar que diferentes objectos estão à mesma temperatura quando em contacto com o mesmo ambiente durante um longo período. Isto significa que o conceito de equilíbrio térmico, que os professores e os autores de livros de texto consideram, à partida, adquirido pelos alunos, não o está na grande maioria deles (91,7%-96,9% nas classes experimentais e de controlo respectivamente).

O conceito de equilíbrio térmico é um conceito-chave para o estudo do calor e da temperatura porque é uma construção mental, cuja compreensão representa um pré-requisito básico para muitos outros conceitos em Termodinâmica. A nível introdutório a temperatura é defi-

nida como “uma grandeza macroscópica relacionada com a energia cinética média de cada uma das partículas que constituem um corpo e determina se dois ou mais corpos estão ou não em equilíbrio térmico quando em contacto uns com os outros”. O calor é também definido em termos de equilíbrio térmico: “calor é energia transferida de um corpo a temperatura mais elevada para outro a temperatura mais baixa até que seja alcançado o estado de equilíbrio térmico”.

Isto implica então que, para que o significado científico de calor e temperatura seja alcançado, os alunos devem compreender correctamente o conceito de equilíbrio térmico. É sabido que o conceito de temperatura, tal como o conceito de força teve a sua origem nas percepções sensoriais do homem. Mas a percepção de temperatura, tal como a percepção de força, tem uma validade muito limitada. A partir dos conceitos primitivos de aquecimento e arrefecimento relativos desenvolveu-se uma ciência mais objectiva de termometria, tal como a partir do conceito ingénuo de força como puxão ou empurrão, se desenvolveu um método mais objectivo de definição e medição de forças. Contudo, há forte evidência que mostra que, na mente dos alunos, a sensação de quente ou frio, que têm quando tocam em objectos de diferentes materiais em equilíbrio térmico com um mesmo ambiente, é sinónima de alta ou baixa temperatura. Uma análise de livros de texto, usados pelos professores, revela que este conceito de equilíbrio térmico é tratado ligeiramente, sendo até por vezes omitido.

Baseado no que atrás se disse, foi decidido considerar o conceito de equilíbrio térmico como conceito central em torno do qual todos os outros apareceriam como uma necessidade para o interpretar e compreender.

A Fig.1 representa um mapa de conceitos útil para o ensino do calor e da temperatura.

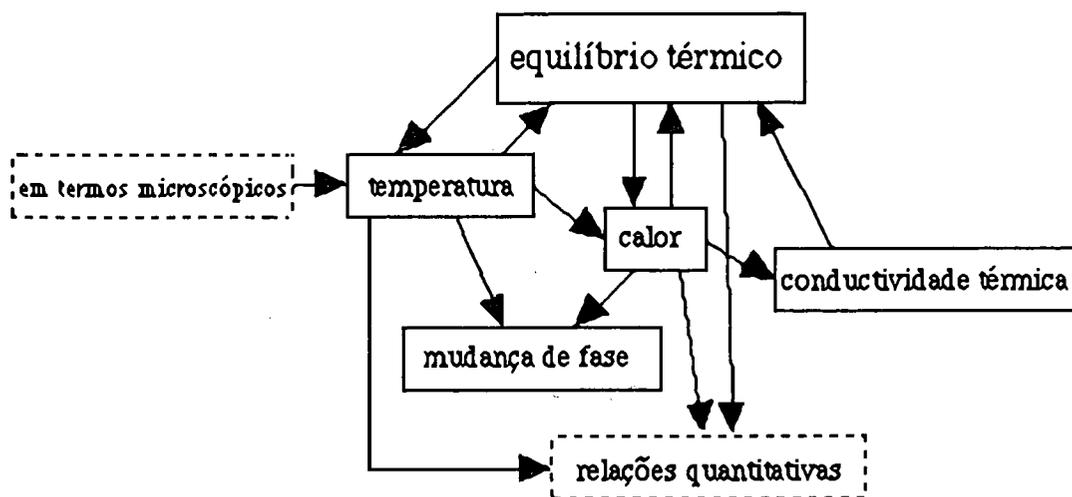


Fig. 1 — Mapa de conceitos útil para o estudo do calor e da temperatura.

A estratégia proposta para o ensino do calor e da temperatura é baseada num modelo construtivista de ensino/aprendizagem. Neste modelo os alunos são vistos como construtores activos do seu conhecimento. Não se parte do princípio que eles chegam à sala de aula sem ideias prévias sobre o tópico que vai ser tratado. Pelo contrário, entende-se que os alunos possuem ideias construídas a partir de experiências informais e do uso da linguagem do dia a dia e que as mesmas podem influenciar a sua receptividade a outras novas. Esta visão da aprendizagem é particularmente importante na abordagem ao ensino do calor e da temperatura.

Uma característica importante deste modelo é a ênfase no envolvimento activo do aprendiz na sua aprendizagem. A informação apresentada ao aluno não é transmitida pela informação em si mesma. Pelo contrário, o aluno tem que dar sentido à informação como resultado da interacção desta com o seu conhecimento prévio. Contudo o aluno pode não ser capaz de fazer a ligação entre o "velho" e o "novo" conhecimento sem a orientação do professor, e é aqui que as competências dos professores de ciência podem ser exploradas até à sua máxima potencialidade.

A estrutura, para o modelo de ensino concebido para promover mudança conceptual, foi baseada no modelo de Rogers para o desenvolvimento do processo de adopção, descrito em outro trabalho (Thomaz 1986). Contém cinco estádios identificados no processo mental de adopção de "novos" conceitos por um indivíduo: (1) - consciencialização, (2) - interesse, (3) - avaliação, (4) - experimentação e (5) - adopção.

A função primária do estádio de consciencialização é iniciar a sequência dos estádios que conduzem à eventual adopção, ou rejeição, dos conceitos "novos". Hassinger (1959) faz notar que a informação sobre uma ideia normalmente não gera consciencialização, mesmo que o indivíduo possa ser exposto a essa informação; a não ser que ele tenha um problema ou uma necessidade para a qual a nova ideia apresente uma solução possível. O indivíduo deve ser consciencializado das suas próprias ideias. Em face de situações, para as quais se lhe pede uma interpretação, deve existir insatisfação com as ideias existentes, pois só assim o indivíduo sentirá necessidade de as mudar. No segundo estádio, o indivíduo torna-se interessado na "nova" ideia e procura informação adicional sobre ela.

No estádio de avaliação ocorre uma espécie de "experimentação mental". Se o indivíduo sente que as vantagens pesam mais que as desvantagens, decidirá tentar a "nova" ideia.

No estádio de experimentação, o indivíduo usa o novo conceito de modo a determinar a sua utilidade, face a uma adopção completa do mesmo.

No modelo proposto, o papel do professor é criar oportunidades que possam promover o desenvolvimento destes diferentes estádios do processo mental de adopção de um novo conceito. É no estádio de adopção que a mudança conceptual terá lugar.

A tabela 1 mostra os cinco estádios do modelo concebido para provocar mudança conceptual relativa a conceitos relacionados com calor e temperatura e as actividades que devem ter lugar em cada estádio.

Tabela 1 — Os 5 estádios do esquema e as actividades a ter lugar em cada fase

<b>Estádio de consciencialização</b>	1. <sup>a</sup> fase — Auto-consciencialização das ideias sobre sensações e temperatura (experimental). 2. <sup>a</sup> fase — Exposição a situações de conflito — medições da temperatura de objectos diferentes em contacto com o mesmo ambiente (experimental).
<b>Estádio de interesse</b>	3. <sup>a</sup> fase — Interpretação da temperatura em termos microscópicos (experimental). 4. <sup>a</sup> fase — Interpretação do calor como energia transferida a nível microscópico
<b>Estádio de avaliação</b>	5. <sup>a</sup> fase — Interpretação de equilíbrio térmico
<b>Estádio de experimentação</b>	6. <sup>a</sup> fase — Utilização da conductividade térmica para explicar o facto de diferentes sensações não significarem diferentes temperaturas (experimental). 7. <sup>a</sup> fase — Reforço da distinção entre calor e temperatura mediante a interpretação de mudanças de fase (experimental).
<b>Estádio de adopção</b>	8. <sup>a</sup> fase — Relação entre calor e variação de temperatura (experimental). 9. <sup>a</sup> , 10. <sup>a</sup> , ... — Discussões, testes, problemas, etc, que possam promover a generalização de conceitos e a apreciação da sua gama de aplicação.

No estádio de consciencialização os alunos são expostos a situações em que são "forçados" a tomar consciência das suas próprias ideias e a usá-las na interpretação de fenómenos que lhes são apresentados. Para promover essa consciencialização devem ser apresentadas aos alunos situações em que eles possam:

- i) tomar consciência das suas próprias ideias e das ideias dos seus colegas relacionadas com sensações e temperatura;
- ii) verificar que diferentes sensações não significam temperaturas diferentes;
- iii) reconhecer que quer os objectos sejam do mesmo material ou não, quando postos em con-

tacto durante um intervalo de tempo suficiente, atinge-se um estado em que a leitura do termómetro em contacto com ambos é a mesma.

Primeiramente os alunos devem ter oportunidade para tomarem consciência de que diferentes sensações não significam diferentes temperaturas. Para isso o professor deve começar a aula, pedindo aos alunos que toquem em diferentes objectos existentes na sala e que discutam as suas sensações. Depois os alunos devem ser motivados a apresentar as suas ideias sobre a temperatura de cada um deles. Usam aqui os significados familiares de temperatura.

Depois desta primeira série de questões deve ser-lhes dada oportunidade de medir a temperatura de um conjunto de objectos adequadamente trazidos pelo professor. Esses objectos devem estar na sala desde o princípio da aula (por exemplo, um copo com água à temperatura ambiente, um pedaço de lã, um copo cheio com pequenas esferas de chumbo, um pedaço de madeira, etc. Deve ter-se cuidado em escolher objectos cuja temperatura seja fácil de medir com os termómetros simples existentes na escola). Esta actividade tem como objectivo promover situações de conflito.

Deve existir também uma situação em que dois objectos a diferentes temperaturas são postos em contacto; isto vai proporcionar aos alunos a oportunidade de fazerem leituras regulares no termómetro até que se atinja a situação de equilíbrio. Deverá seguir-se uma discussão que envolva todos os alunos, analisando-se situações não académicas de modo que as conclusões tiradas sejam relevantes para a vida do dia a dia.

Uma vez em conflito com as ideias existentes, os alunos devem ser motivados a procurar novas informações sobre temperatura e calor. No estágio de interesse, devem ser proporcionadas experiências que permitam aos alunos visualizar o efeito do aquecimento, sobre o volume e pressão, de ar contido num tubo de vidro. Usando um modelo dinâmico em que o aumento de volume e pressão possa ser observado em termos do aumento da energia cinética média de cada partícula, deve pedir-se aos alunos que interpretem a variação de temperatura entre dois corpos em termos de troca de energia.

Somente depois disto deve o conceito de calor ser introduzido como energia transferida entre objectos em contacto um com o outro ou através de um meio, até que seja atingido o estado de equilíbrio térmico.

Para promover o estágio de avaliação deve ser pedido aos alunos que usem este "novo" conceito na interpretação de equilíbrio térmico em situações do dia a dia.

A introdução do conceito de condutividade térmica aparece como uma necessidade para explicar porque é que sensações diferentes não significam temperaturas diferentes. Isto deve ser feito experimentalmente. Devem também realizar-se experiências envolvendo mudanças de fase de modo a promover o desenvolvimento do estágio de experimentação e ajudar a reforçar a distinção entre calor e temperatura.

A seguir devem proporcionar-se várias actividades não só como meio de promover o estágio de adopção, mas também para verificar se esta foi alcançada. Elas devem envolver experiências que permitam quantificar a relação entre calor e variação de temperatura, discussões sobre situações concretas do dia a dia, resolução de problemas, testes, etc.

## Resultados

Os resultados deste estudo serão apresentados tendo em conta dois aspectos: i) as potencialidades do modelo para promover uma melhor compreensão de fenómenos envolvendo calor e temperatura, e ii) as implicações deste tipo de estudos no desenvolvimento profissional de professores trabalhando no ensino básico/secundário.

### **I) Potencialidades do modelo para promover uma melhor compreensão de fenómenos envolvendo calor e temperatura.**

Relativamente a este primeiro aspecto, a análise envolveu uma examinação dos dados obtidos através da aplicação dos pré e pós-testes, de modo a evidenciar conjuntos de afirmações que pudessem revelar a existência de concepções alternativas nos alunos. A comparação dos dados nos dois tipos de classes (experimental e controlo) forneceu a base de avaliação da eficiência do modelo.

O pré-teste sobre calor e temperatura permitiu a identificação das concepções prévias dos alunos. As concepções encontradas foram semelhantes às citadas na literatura e indicaram que uma grande percentagem de alunos, em ambos os grupos, possuíam, antes do ensino formal, ideias acerca destes conceitos que não eram consistentes com as explicações aceites cientificamente. A prevalência dessas concepções nos pré e pós-testes, de ambos os grupos, são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 — Resultados da análise dos dados dos pré e pós-testes aplicados às duas classes experimentais e à classe de controlo

Concepções dos alunos sobre calor e temperatura

Concepções dos alunos	Porcentagem de alunos nas:			
	Classes experimentais		Classe de controlo	
	pré-teste (n = 48)	pós-teste (n = 48)	pré-teste (n = 31)	pós-teste (n = 30)
• Calor ou frio como uma substância existente nos corpos	31,3	6,3	58,1	56,7
• Temperatura como uma propriedade da substância de que um corpo é feito	93,8	18,7	96,9	72,7
• Objectos em contacto durante muito tempo com o mesmo ambiente têm temperaturas diferentes se forem feitos de materiais diferentes	91,7	20,8	96,9	76,6
• Temperatura como qualquer coisa que pode ser transferida	14,6	6,3	19,4	30,0
• O estado “quente” ou “frio” depende do material de que o corpo é feito	67,7	6,3	66,7	53,3
• A temperatura é uma medida do calor de um corpo	39,6	8,3	29,0	36,6
• Calor é sensação	41,7	14,6	25,8	66,7
• A temperatura é uma função do calor	29,2	2,1	32,3	32,3

Como pode ser visto nesta tabela, antes do ensino formal a grande maioria dos alunos, em todas as classes, não possuía o conceito de equilíbrio térmico. Para eles, a temperatura era entendida como uma propriedade dos materiais de que os corpos são feitos; e objectos em contacto, durante um longo tempo, com o mesmo ambiente têm temperaturas diferentes se os seus materiais forem diferentes. Depois do ensino segundo o modelo proposto, a percentagem de alunos, apresentando essas ideias, diminuiu de 93,8 para 18,7 e de 91,7 para 20,8 respectivamente, enquanto que a percentagem dos alunos que foram ensinados pelo modelo tradicional somente diminuiu de 96,9 para 72,7 e 96,9 para 76,6 respectivamente.

A percentagem de alunos, possuindo a ideia de que o calor é uma espécie de substância residindo nos objectos, decresceu, após o ensino, passando de 31,3 para 6,3 nas classes experimentais, enquanto que a percentagem relativa aos alunos da classe de controlo ficou praticamente na mesma.

Uma situação interessante reside no facto de, na classe de controlo, algumas das ideias aparecerem reforçadas após o ensino formal, tal como as ideias de que: i) “a temperatura é qualquer coisa que pode ser transferida” (19,4% antes e 30,0% depois do ensino); ii) “a temperatura é uma medida do calor do corpo (29,0% antes e 36,6% depois do ensino); e iii) “calor é sensação” (25,8% antes e 66,7% depois). Neste último caso, a ideia de que o calor é uma sensação parece ser um estádio elementar do conceito de calor, anterior ao científico.

A última questão dos questionários era uma questão aberta em que se pedia aos alunos que dissessem como explicariam a outra pessoa qual o significado de calor e temperatura. Antes do ensino nenhum dos alunos, quer das turmas experimentais quer da de controlo, apresentou uma ideia aceitável cientificamente. Depois do ensino segundo o modelo elaborado, a percentagem de alunos que apresentou ideias correctas sobre calor subiu de 0,0% para 66,7%, enquanto que na classe de controlo nenhum dos alunos foi capaz de o fazer. No entanto, relativamente ao conceito de temperatura, embora não tenha sido evidenciada nenhuma melhoria nos alunos da classe de controlo, a melhoria demonstrada pelos alunos das classes experimentais foi menos evidente comparada com a do conceito de calor. Somente 37,5% dos estudantes apresentou uma ideia aceitável de temperatura. O conceito de temperatura em termos microscópicos parece ser de mais difícil assimilação que o de calor, parecendo precisar de maior evidência experimental e mais tempo para ser aprendido.

Embora ainda seja cedo para dizer quão eficaz é o modelo, a análise dos dados proporcionou alguns resultados promissores.

## II) Implicações deste tipo de estudos no desenvolvimento profissional dos professores do ensino secundário.

Relativamente a este segundo aspecto, os dados para análise foram obtidos através de conversas tipo entrevista com os professores e de um relatório elaborado por eles com o resultado da sua reflexão sobre o trabalho desenvolvido durante o estudo.

Segundo eles este trabalho foi muito compensador e extremamente útil. Os aspectos principais que apontaram como sendo os que mais influenciaram estes sentimentos foram:

i) o desenvolvimento de trabalho e troca de experiências entre professores dos ensinos universitário e básico/secundário, em que estes últimos actuaram mais do que meros agentes de implementação;

ii) a leitura e discussão de estudos sobre as ideias de calor e temperatura possuídas pelos alunos, feitos por investigadores em vários países, que permitiu uma consciencialização das suas implicações no pensamento e aprendizagem dos alunos;

iii) a familiarização com técnicas para identificação das ideias dos alunos, que proporcionou o desenvolvimento de competências para a elaboração de instrumentos de diagnóstico e maneiras de analisar os dados recolhidos;

iv) a implementação de novas estratégias educacionais com o propósito de provocar mudança conceptual, que abriu novas perspectivas à sua actuação como professores;

v) a possibilidade de auto e hetero-observação das suas actuações como professores, que ajudou a colmatar falhas no seu ensino, até aí indetectáveis.

A maneira como o estudo foi conduzido permitiu a existência de uma auto-reflexão sobre o processo de ensino até então desenvolvido pelos professores, criando a oportunidade de, através da vivência de um modelo construtivista, eles próprios consciencializarem objectivos, métodos e estratégias usadas e suas falhas, promovendo um novo tipo de abordagem, que se revelou frutífero para a aprendizagem dos alunos e deles próprios, como professores.

## Conclusões

O modelo de ensino descrito neste estudo parece ser eficaz na mudança de muitas ideias dos alunos sobre situações relacionadas com calor e temperatura. Em particular, as ideias de que a temperatura é uma propriedade da substância de que um corpo é feito e que diferentes sensações significam temperaturas diferentes, mudaram em direcção às explicações científicas na maioria dos alunos ensinados segundo o modelo, contrariamente ao que aconteceu com os alunos ensinados segundo o modelo tradicional. Esta mudança proporcionou uma compreensão do conceito de equilíbrio térmico, considerado como um conceito-chave para o estudo de fenómenos relacionados com calor e temperatura.

Os resultados revelaram uma melhoria relativamente à abordagem tradicional que, tal como evidenciado pelo estudo, pouco parece afectar as ideias intuitivas dos alunos.

Os professores sentiram que o uso da nova abordagem proporcionou melhores condições e melhores resultados de aprendizagem. Sentiram também que o modo como o estudo decorreu, envolvendo-os na própria investigação,

contribuiu fortemente para o seu desenvolvimento profissional. Ajudou-os e motivou-os para uma reflexão mais rigorosa das suas próprias práticas.

A maneira como o estudo foi conduzido fortaleceu claramente a ligação entre investigação, teoria e prática. Promoveu nos investigadores da universidade uma profunda compreensão dos problemas envolvidos na prática de sala de aula, não só através das discussões que tiveram lugar durante a elaboração do modelo de ensino e da planificação das estratégias usadas, mas também através da análise das aulas video-gravadas. Este tipo de investigação em acção provou ser uma actividade útil e eficaz na formação contínua dos professores, não somente dos do ensino básico/secundário mas também na dos universitários envolvidos na formação de professores.

## REFERÊNCIAS

- CLOUGH, E. e DRIVER, R. — *Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views*, *Physics Education*, **20**, 175-182 (1985).
- DRIVER, R. e EASLEY, J. — *Pupils and paradigms: A review of the literature related to concept development in adolescent science*, *Studies in Science Education*, **5**, 61-84 (1987).
- DRIVER, R. — *Alternative frameworks in science*, *European Journal of Science Education*, **3**, (1), 93-101 (1981).
- ERICKSON, G. e TIBERGHEN, A. — *Heat and temperature*, in R. Driver, E. Guesne e A. Tiberghien (eds.), *Children's ideas in Science* (Philadelphia, Open University press) (1985).
- GILBERT, J. e WATTS, M. — *Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions in Physics: changing perspectives in science education*, *Studies in Science Education*, **10**, 61-98 (1983).
- KESIDOU, S. e DUIT, Reinders — *Students' conceptions of the Secondary Law of Thermodynamics — An Interpretative Study*, *Journal of Research in Science Teaching*, **30**, 85-106 (1993).
- KHUN, D. — *Education for thinking*, *Teachers College Record*, **87**, 495-512 (1986).
- LATAS, S. — Comunicação privada, University of Aveiro, Portugal, Physics Department (1992).
- MACDERMOTT, L. C. — *Research on conceptual understanding in mechanics*, *Physics Today*, **37**, 24-32.
- MAURINES, L. — *Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals*, *International Journal of Science Education*, **12**, (2), 167-175 (1992).
- THOMAZ, Marília — *Towards a constructivist model for science teacher education*. Unpublished PhD thesis, University of Surrey (1986).
- THOMAZ, Marília — *Ideias dos alunos sobre o calor e a temperatura*, Universidade de Aveiro, Departamento de Física, Aveiro, Portugal (1990).
- VASCONCELOS, N. — *Motion and forces: a view of students' ideas in relation to physics teaching*. Unpublished doctoral dissertation, Institute of Education, University of London (1987).
- ZUMWALT, K. K. — *Research on teaching: Policy implication for teacher education*, in A. Lieberman & M.W. McLaughlin (eds.), *Policy making in Education*. (Eighty-first year-book of the National Society for the Study of Education, Part I) (pp. 215-248), Chicago, University of Chicago Pr. (1982).

## Apêndice I

### Exemplos de itens dos pré e pós-testes

#### Questão

De cada lado da cama há usualmente tapetes de lã onde podes pôr os pés quando te levantas.

i) — Como explicas as diferentes sensações quando pões os pés num chão de pedra, por exemplo, e no tapete de lã?

ii) — Se medisses a temperatura do chão e do tapete verificavas que:

- a temperatura do chão de pedra era mais alta que a do tapete.
- a temperatura do chão de pedra era mais baixa que a do tapete.
- a temperatura do chão de pedra era praticamente igual à do tapete.

Explica a tua resposta.

#### Questão

Dois objectos feitos de materiais diferentes, um de ferro e outro de madeira, são postos num forno a 60° C. Depois de um grande intervalo de tempo, a Maria mediu a temperatura de ambos. Verificou que:

- a temperatura do objecto de madeira era mais alta do que a do objecto de ferro.
- a temperatura do objecto de madeira era mais baixa do que a do objecto de ferro.
- a temperatura dos dois objectos é a mesma.

Explica a tua resposta.

#### Questão

Mergulharam-se durante um longo período, duas colheres, uma de metal e outra de plástico num copo com água que se manteve sempre gelada.

i) Se tocares nos cabos das colheres sentirás:

- a de metal mais fria que a de plástico.
- a de metal mais quente que a de plástico.
- a mesma sensação.

Explica a tua resposta

ii) se medires a temperatura das duas colheres verificarás que:

- a temperatura da colher de metal é maior que a da colher de plástico.
- a temperatura da colher de metal é mais baixa que a da colher de plástico.
- as temperaturas das duas colheres são iguais.

## XXV REUNION BIENAL

Real Sociedad Española de Física

### 5.º Encuentro Ibérico sobre la Enseñanza de la Física

Santiago de Compostela  
18-23 Septiembre, 1995

La XXV Reunión Bienal de la R.S.E.F. junto con el 5.º Encuentro Ibérico sobre la Enseñanza de la Física tendrán lugar en Santiago de Compostela, del 18 al 23 de Septiembre de 1995, coincidiendo con la celebración del 5.º Centenario de la Fundación de la Universidad de Santiago de Compostela.

En fecha próxima remitiremos la 1.ª circular. En este momento deseamos informarle de estos eventos, por si desea reservar estas fechas para tomar parte en los mismos.

#### Organizadores:

Bienal:

M.ª Inmaculada Paz Andrade

Encuentro:

Angela Calvo Redondo

#### Para más información:

XXV Reunión Bienal de la R.S.E.F.

Facultad de Física

Campus Sur

15706, SANTIAGO DE COMPOSTELA

(España)

Fax: 981 52 06 76

Email: [fpazand@usc.es](mailto:fpazand@usc.es)

## FLUXO DE CALOR EM CONTINENTES E OCEANOS

Gazeta de Física, n.º 2, pág. 7 (1994)

### ERRATA

Pág. linha	onde se lê	deve ler-se
7 8	a potência é de $40 \times 10^{13}W$	da ordem de $4 \times 10^{13}W$
7 9	5 mil milhões de anos	$4,6 \times 10^9$ anos
7 25	1992	.....
7 27	com valores de potência	apresentavam valores
7 44	sobre o	de
8 43	300° C	350° C
8 68	ideias	idades
10 1	característico	necessário
10 6	contribuem	devem contribuir
10 34	geométricas	geotérmicas
10 44	geométrica	geotérmica
11 4	taxa de energia	energia
8 legenda da fig. 1	As barras verticais representam valores obtidos com modelos teóricos	As barras verticais representam o desvio padrão. As curvas representam valores obtidos com modelos teóricos