

O QUE ALUNOS ENTENDEM A RESPEITO DE CONCEITOS BÁSICOS DA FÍSICA TÉRMICA

Wanderley Gonçalves¹, Marta F. Barroso²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Física, wpgjunior@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Física, marta@if.ufrj.br

Resumo

Os resultados de pesquisa em ensino de física relativos à compreensão de conceitos pelos estudantes revelam que há algumas idéias incorretas a respeito dos conceitos introdutórios de física térmica que são comuns a estudantes de muitos diferentes lugares, em diversos níveis educacionais e que, mesmo após a educação formal, é pequena a mudança na compreensão desses conceitos. A existência de testes padronizados que permitam avaliar a situação dos estudantes e seu progresso no processo de aprendizagem é importante para o trabalho cotidiano dos professores. Neste trabalho, apresentamos a aplicação de um teste padronizado testado, validado e aplicado na Austrália a alunos brasileiros, de diferentes séries e idades. O questionário foi traduzido para o português, e aplicado a 433 estudantes de ensino médio de duas escolas do estado do Rio de Janeiro. Os resultados indicam que há um progresso muito pequeno na aprendizagem dos conceitos de física básica, e revelam uma dificuldade particular, a de entender que é possível encontrar água líquida a 0°C ou a 100°C. Apresentamos também as curvas características dos diversos itens do questionário, o que nos permite avaliar melhor as características avaliadas pelo questionário e as maiores dificuldades encontradas pelos estudantes.

Palavras-chave: física térmica; avaliação de aprendizagem; questionários padronizados; curva característica do item

Introdução

A pesquisa em ensino de física, durante um certo período, focalizou suas atividades na identificação dos conceitos não científicos presentes na estrutura cognitiva tanto dos estudantes da educação básica quanto do ensino superior (Arons, 1997). Mais do que isso, constatou-se que esses conceitos não científicos eram muito resistentes à mudança, e que eram bastante coincidentes em diferentes grupos, países e idades.

No tópico de física térmica, o número de trabalhos que indicam as dificuldades na aprendizagem dos conceitos básicos sobre o tema é muito grande (Viennot, 1998; Arons, 1997). Alguns dos conceitos não científicos, constantemente encontrados pelos pesquisadores entre os estudantes nos cursos introdutórios de física térmica, estão relacionados aos conceitos de calor (calor é uma substância, não é uma forma de energia, calor e frio são diferentes, calor e temperatura são a mesma coisa, calor não é algo mensurável), de temperatura (temperatura é uma forma de calor, a temperatura pode ser determinada pelo toque com a pele, as

percepções de frio e calor não estão relacionadas à transferência de calor, um corpo frio não pode conter calor, a maior temperatura que uma substância pode atingir é a sua temperatura de ebulição), das mudanças de temperatura e transferência de calor (por exemplo, fornecer calor sempre implica em aumentar a temperatura, o calor sobe, a temperatura pode ser transferida, objetos que estão em contato não atingem necessariamente uma temperatura de equilíbrio), e às propriedades térmicas dos materiais (a temperatura é uma propriedade do material ou do objeto, o ponto de ebulição da água é exclusivamente 100°C , vapor de água está sempre a mais de 100°C , entre outras).

A construção de materiais didáticos e a elaboração de estratégias para superar as dificuldades de compreensão nesses tópicos exigem mecanismos que sejam capazes de avaliar essas atividades. Nesse contexto torna-se muito conveniente a utilização de testes padronizados para avaliar a aprendizagem dos alunos.

Yeo e Zadnik propuseram um instrumento para avaliar a compreensão dos conceitos introdutórios de física térmica (Yeo e Zadnik, 2001). Este instrumento constitui-se de um questionário, que foi testado, e validado e depois aplicado a 483 estudantes na Austrália.

Neste artigo, relatamos a utilização deste questionário entre 433 estudantes de escolas do Rio de Janeiro. O questionário foi traduzido e aplicado em vários contextos escolares. Apresentamos aqui as conclusões obtidas da aplicação do questionário, com avaliações de seu uso.

Dentro desse contexto, o desenvolvimento desse trabalho reside na importância da existência de bons questionários e testes que permitam ao professor da educação básica avaliar o estágio de desenvolvimento cognitivo de seus estudantes e, em particular, avaliar o progresso e a retenção da aprendizagem;

Descrição do trabalho desenvolvido

Os professores de ensino médio costumam observar e relatar que os alunos, na discussão dos conceitos introdutórios de física térmica, apresentam quase sempre os mesmos tipos de dúvidas e os mesmos erros conceituais nas avaliações. A maior parte das estratégias didáticas utilizadas revela-se ineficiente para que ocorra uma aprendizagem significativa ou uma mudança conceitual.

Yeo e Zadnik (Yeo e Zadnik, 2001) propõem um questionário, testado e validado, com o objetivo de revelar as concepções dos estudantes e acompanhar o desenvolvimento dessas concepções, e apresentam resultados da aplicação deste questionário a estudantes australianos. É importante ressaltar que boa parte dos resultados relatados em outros artigos relacionados ao tema não se referem a alunos brasileiros (Viennot 1998, Clough e Driver 1985, Harrison 1999).

Portanto, buscando investigar as concepções apresentadas pelos estudantes no Brasil relativas aos conceitos anteriormente comentados, foi feita uma versão em português para este (Yeo e Zadnik, 2001), e o questionário foi aplicado a alunos de ensino médio de duas escolas no Estado do Rio de Janeiro.

A aplicação foi realizada durante o ano de 2009 em turmas das três séries do ensino médio em duas escolas da rede privada, que atendem a estudantes da classe média, como atividades regulares, avaliadas pelo professor da turma, feitas

em sala de aula. Foram avaliados 433 alunos, sendo 41% destes estudantes da primeira série do ensino médio, dentre os quais 26% não haviam estudado anteriormente, em ambiente escolar, o tópico de física térmica. Os alunos da segunda série representavam 30% do total de estudantes avaliados, e os 29% restantes pertenciam à terceira série, tendo ambos os grupos sido expostos à discussão anterior dos conteúdos. Os estudantes da 3ª série, em particular, viram os conceitos inquiridos pelo menos duas vezes.

As tabelas 1, 2 e 3, a seguir, apresentam informações gerais sobre a aplicação dos questionários.

Tabela 1: Distribuição dos questionários

	Frequência	Percentual
Colégio 1	273	63
Colégio 2	160	37
Total	433	100

Tabela 2: Série de aplicação do questionário

	Frequência	Percentual
1ª série	178	41,1
2ª série	129	29,8
3ª série	126	29,1
Total	433	100

Tabela 3: Informação sobre o ensino formal do tópico anteriormente à apresentação do questionário

	Frequência	Percentual
pré-instrução	111	25,6
pós-instrução	196	45,3
pós-instrução com repetição	126	29,1
Total	433	100

A análise dos questionários foi feita com base na análise estatística tradicional (percentual de acertos por questão, obtenção dos escores brutos) seguida da construção das curvas características dos itens (Hambleton, 1991 e Hambleton, 1993). Estas curvas características constituem a base da Teoria da Resposta ao Item, e pressupõem que para cada item (ou questão) de um teste a probabilidade de acerto num dado item para um aluno cuja habilidade (o que está sendo medido no teste, o que seria chamado tradicionalmente de a nota no teste) seja dada pela equação

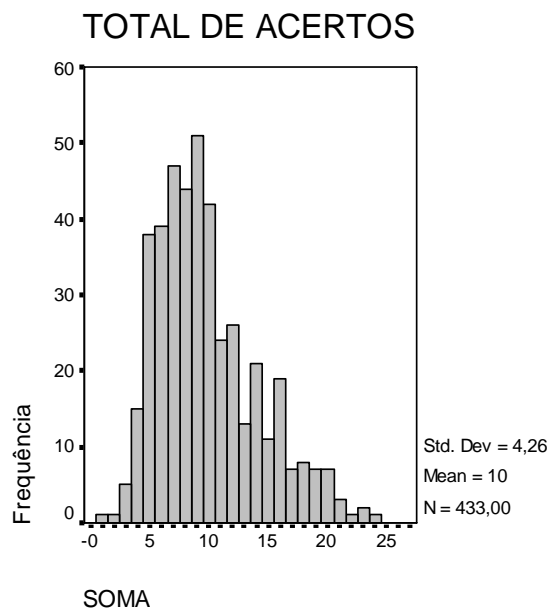
$$P_i(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-y(\theta)}}, \text{ com } y(\theta) = \theta - b_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n .$$

Nesta expressão, θ é a habilidade do aluno e b_i é um parâmetro que determina a dificuldade do item (o valor da habilidade que faz com que a probabilidade de acerto no item seja igual a 0,5).

Resultados

Na Figura 1, apresentamos o resultado global do escore dos estudantes que responderam ao questionário, com 26 questões. A média dos resultados dos alunos foi de 10 acertos (nota 3,6 em 10) com desvio padrão 4,3 (1,6 em 10).

Figura 1: Resultado (escore bruto) da aplicação do questionário

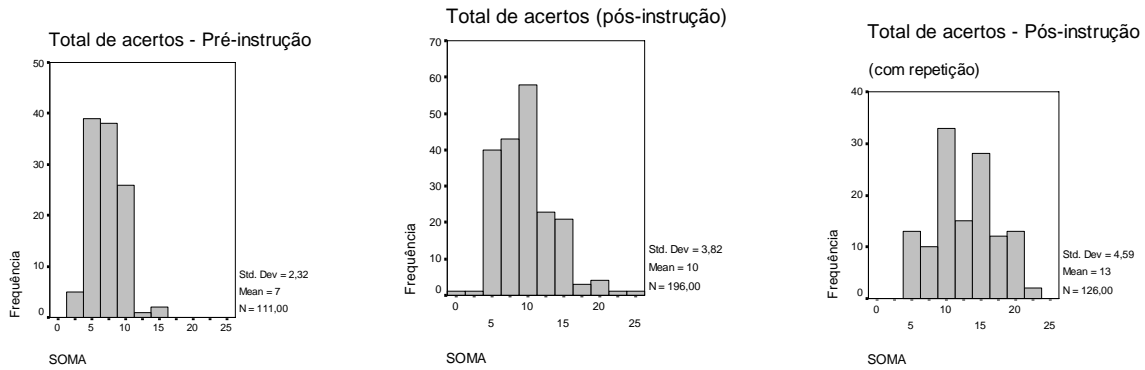


Na Tabela 4 são apresentadas as médias de acertos das questões e, na Figura 2, os histogramas discriminados entre alunos que não estudaram ainda os conceitos de física térmica na escola (pré-instrução), alunos que já estudaram os conceitos na escola (pós-instrução) e os alunos da terceira série do ensino médio que já reviram os conteúdos (pós-instrução com repetição). Observa-se, a partir dos resultados, que existe uma discreta melhora no desempenho dos alunos com aulas no formato tradicional (aulas expositivas, exercícios e trabalhos), embora esta melhora pareça insatisfatória em relação à aprendizagem:

Tabela 4: Média de Acertos das Questões

	Acertos (em 26)	Nota (em 10)
Pré-Instrução	7 ± 2	$2,7 \pm 0,9$
Pós-Instrução	10 ± 4	$3,8 \pm 1,5$
Pós-Instrução com repetição	13 ± 5	$5,0 \pm 1,8$

Figura 2: Resultado da aplicação dos questionários, dividido por alunos que não haviam ainda tido contato na escola com o tema física térmica (pré-instrução), alunos que tinham tido contato (pós-instrução) e alunos da terceira série do ensino médio, que já fizeram revisão dos conteúdos (pós-instrução com repetição)



O ponto que chama maior atenção na análise dos resultados dos questionários aplicados refere-se à compreensão da lei zero da termodinâmica, ou seja, o equilíbrio térmico de sistemas termodinâmicos em interação, evidenciando a não compreensão da possibilidade de encontrar-se água em estado líquido a 0°C e a 100°C.

Duas perguntas do questionário são utilizadas para exemplificar a análise acima:

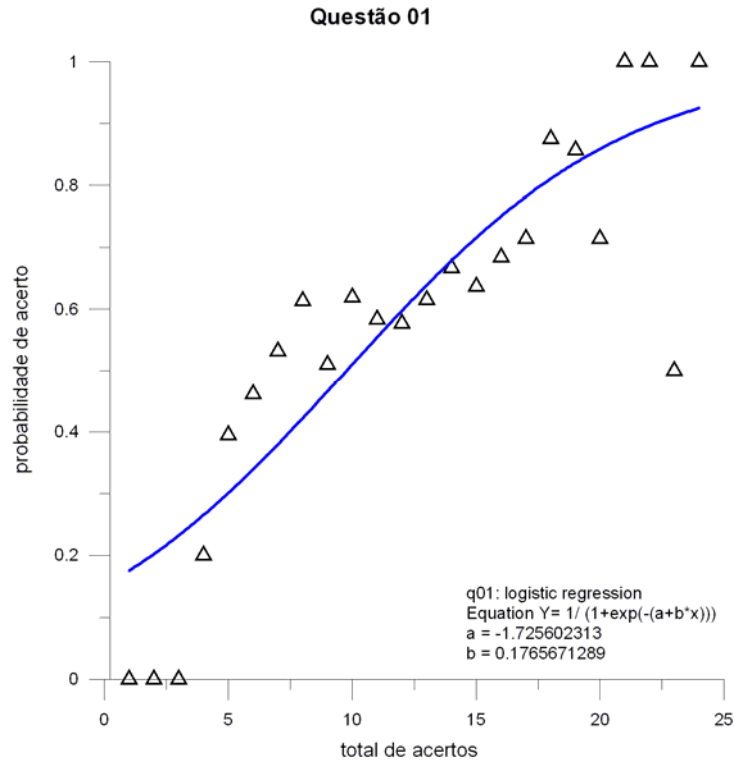
Questão 1 - Qual é a temperatura mais provável dos cubos de gelo que se encontram armazenados no congelador de um freezer?

alternativas		pré	pós	rep	total
a	-10°C	63,1	49,5	57,9	55,4
b	0°C	27,9	45,9	37,3	38,8
c	5°C	3,6	1,5	0	1,6
d	A temperatura depende do tamanho dos cubos de gelo	5,4	2,6	4,8	3,9
	Resposta inválida	0	0,5	0	0,2
	Resposta faltando	0	0	0	0
		100	100	100	100

Embora a resposta correta a esta questão seja a alternativa “a”, é possível perceber um percentual de escolha muito alto indicando a alternativa “b” como correta. Nota-se que a repetição do ensino não garante a melhoria no desempenho.

Na Figura 3, traçou-se a curva característica deste item (Hambleton 1991). Esta curva fornece, para um aluno com um escore total dado, a probabilidade de acerto no item específico.

Figura 3: A curva característica da Questão 1.



Esta se revela, portanto, uma questão com índice de dificuldade relativamente baixo (a probabilidade de acerto no item igual a 0,5 ocorre para os estudantes que acertam apenas cerca de 10 itens no teste). Ao mesmo tempo, trata-se de uma questão pouco discriminadora dos estudantes, como pode ser visto pela suave inclinação da curva na transição da baixa probabilidade de acerto para a alta probabilidade de acerto.

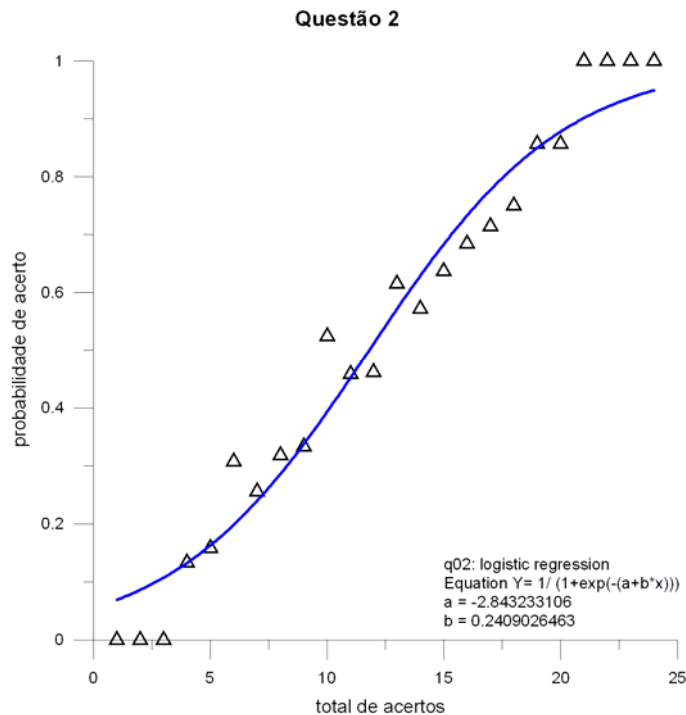
Questão 2: *Francisco pega seis cubos de gelo no freezer e coloca quatro deles dentro de um copo com água, deixando os outros dois sobre o tampo de um balcão. Ele agita várias vezes o copo até que as pedras de gelo estejam muito pequenas e tenham parado de derreter. Qual é a temperatura mais provável da água nesta situação?*

alternativas		pré	pós	rep	total
a	-10°C	5,4	1,0	2,4	2,5
b	0°C	26,1	41,3	54,0	41,1
c	5°C	41,4	38,3	28,6	36,3
d	10°C	27,0	17,9	15,1	19,4
8	Resposta inválida	0	1,5	0	0,69
9	Reposta faltando	0	0	0	0
		100	100	100	100

Nesta pergunta, cuja alternativa correta é “b”, surpreende o número de estudantes (inclusive os que já passaram pelo ensino do tópico mais de uma vez) que responde que a temperatura é superior a 0°C. A curva característica desta

questão revela que este é um item um pouco mais difícil e discriminatório do que o anterior.

Figura 4: A curva característica da Questão 2.



Conclusão

O uso de questionários padronizados para avaliar as idéias dos estudantes e sua evolução é um recurso didático interessante. As possibilidades que um bom questionário nos apresenta são as de abordar de forma diferenciada as questões que revelam as maiores dificuldades dos alunos.

No caso do questionário proposto por Yeo e Zadnik (Yeo e Zadnik, 2001), adaptado para aplicação em português, observa-se que algumas questões são de difícil avaliação sob a ótica apresentada aqui. Isso porque ao traçar-se as curvas características dessas questões observa-se que elas não apresentam o comportamento esperado de uma questão bem formulada avaliando um único conceito: um comportamento crescente, no formato de um S para a probabilidade de acerto no item como função do desempenho do aluno.

No que se refere à aplicação do questionário no grupo estudado, observa-se uma dificuldade muito grande dos alunos em relação à compreensão do conceito de equilíbrio térmico. Aparentemente, os alunos entendem o congelamento da água como algo associado à sua temperatura, e não à perda de calor necessária para a mudança de estado. Em outras palavras, para esses estudantes é impossível encontrar água a 0°C. As diversas questões que contêm respostas que envolvem a perspectiva de existência de água em estado líquido a zero grau, exemplificadas no artigo como as questões 1 e 2, indicam que os alunos reconhecem a existência de

gelo a zero grau, mas não a existência de água a zero grau: a esta temperatura a água viraria necessariamente gelo.

O mesmo tipo de dificuldade é revelado em itens relativos à vaporização da água, em itens não apresentadas neste trabalho. Nas respostas dadas a uma dessas questões predomina a ideia que a água fervendo tem a sua temperatura aumentada gradativamente.

Finalmente, a aplicação deste questionário em diversos ambientes escolares no ensino médio e no ensino superior no país pode nos revelar diferentes ênfases a serem trabalhadas com os estudantes para superação das dificuldades de compreensão dos conceitos básicos de física térmica.

Referências

ARONS, Arnold B. **Teaching Introductory Physics**. New York: John Willey & Sons, 1997.

CLOUGH, Elizabeth Engel; DRIVER, Rosalind. **Secondary student's conceptions of the Conduction of heat: bringing together scientific and personal views**. *Physycs Education*, v.20, n.4, p. 176-182, julho, 1985.

HAMBLETON, Ronald K. Principles and Selected Applications of Item Response Theory. In: LINN, Robert. L. **Educational Measurement. Third Edition. American Council on Education Series on Higher Education**. Phoenix: Orix Press, 1993. P. 147-200.

HAMBLETON, Ronald K.; SWAMINATHAN, H.; ROGERS, H. Jane. **Fundamentals of Item Response Theory**. Newbury Park: SAGE Publications, 1991.

HARRISON, Allan G.; GRAYSON, Diane J.; TREAGUST, David F. **Investigating a Grade 11 Student's Evolving Conceptions of Heat and Temperature**. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n.1, p. 55-87, janeiro, 1999.

VIENNOT, Laurence. Experimental Facts and Ways of Reasoning in Thermodynamics: Learners' Common Approach. In: TIBERGHIE, Andrée; JOSSEM, E. Leonard; BAROJAS, Jorge. **Connecting Research in Physics Education with Teacher Education**. International Commission on Physics Education, 1998. Disponível em: <<http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/C3.html>> Acesso em: 27 nov. 2010.

YEO, Shelley; ZADNIK, Marjan. , Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding. **The Physics Teacher**, v. 39, p. 496-504, novembro, 2001.