

Avaliação da concepção de professores e alunos sobre modelos científicos

Evaluating the conception of teachers and students about scientific models

Caio Jordão, Alvaro Chrispino

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
(CEFET/RJ)

caiojordaoferreira@gmail.com

Resumo

O presente trabalho visa levantar aspectos da concepção sobre modelagem científica utilizando o resultado da questão 90211 do questionário que faz parte do Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS), respondidas por alunos do Ensino Médio, graduação e professores do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Partindo de estudos sobre as concepções de modelagem científica e sua utilização no ensino de ciências, objetiva-se identificar a visão de professores e alunos sobre modelos científicos e propor alternativas para uma concepção mais bem informada e menos ingênua dos processos tecnocientíficos.

Palavras-chave: Modelo científico, Ensino de Ciências, CTS, PIEARCTS

Abstract

This paper aims to discuss aspects of the conception of scientific modeling, using the result of question 90211 from questionnaire that is part of the Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS), answered by high school students, graduate and teacher at the Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). From studies on the concepts of scientific modeling and its use in science education, the objective is to understand the vision of teachers and students about scientific models and seek alternatives for a less naive view of techno-scientific process.

Key Words: Scientific Model, Science Education, STS, PIEARCTS

Introdução

Os estudos sobre modelagem vêm crescendo nas últimas décadas, como mostra Krapas et al. (1997). A concepção dos modelos atualmente é dada como uma representação de idéias, objetos, eventos ou sistemas (GILBERT e BOULTER, 1998 apud KRAPAS et al.,

1997). Estes autores distinguem diferentes tipos de modelos encontrados na literatura, como modelos mentais, consensuais (conceituais), ou pedagógicos. Neste artigo, vamos discutir sobre os modelos conceituais.

Duit e Glynn (1996, apud KRAPAS et al., 1997) definem modelo conceitual como representações de processos ou objetos do mundo real construídos através do estabelecimento de relações análogas. Estes modelos são testados e, quando aceitos, compartilhados pela comunidade científica. A questão é se estes modelos são ou não representações da realidade.

Para Pietrocola (1999), o realismo infere visões adequadas do mundo "não nos moldes determinados pelo empiricismo ingênuo, mas enfatizando o conhecimento construído pela ciência como esboços da realidade." Segundo o autor:

A apreensão da realidade passaria a ser o objetivo final da educação científica, que deveria, porém, ser perseguida através de construções balizadas por padrões legitimados coletivamente, como é o caso da ciência. Isto implicaria em modelizar individualmente o real segundo critérios histórico-sociais presentes no corpo da ciência . (p.222)

Fugindo de uma análise relativista, podemos atribuir à ciência a busca pelo real e para isso, é necessário a construção de modelos que nos apresentem uma forma de interpretar o que seria esta possível realidade. Isso de alguma forma vincula os modelos científicos com a realidade, mas nem por isso caracteriza estes modelos como cópias fiéis do objeto real.

Bunge (1974, apud PIETROCOLA, 1999, p. 222) discute sobre como os modelos dialogam com a realidade:

Os modelos são abordados na medida em que se procura relações entre as teorias e os dados empíricos. Estes são os intermediários entre as duas instâncias limítrofes do fazer científico: conceitos e medidas. Ao longo de todo seu trabalho ficará claro que, embora de fundamental importância, as teorias por si só nada valem no contexto científico, pois sendo abstrações produzidas por nossa razão e intuição não se aplicariam a priori às coisas reais. Por outro lado, os dados empíricos apesar de mais próximos da realidade, não podem ser inseridos em sistemas lógicos e gerar conhecimento. Desta aparente dicotomia entre teórico e empírico, é introduzida a modelização como instância mediadora.

Então os modelos são mediadores entre o conhecimento teórico e os dados empíricos. Além disso, devemos levar em conta que os conhecimentos elaborados pela ciência são produtos da construção humana, constituído por verdades parciais que evoluem ao longo da história. (ACEVEDO, 1994) Portanto é ingênuo pensar no modelo como uma cópia fiel da realidade, já que o conceito de realidade humana está em constante modificação.

Modelos no Ensino de Ciências

O aprendizado de ciências da natureza está intimamente ligado a capacidade de trabalhar com modelos. Moreira (1997) cita como exemplo o ensino de Física.

A aprendizagem do aluno é tanto mais significativa quanto maior for sua capacidade de modelar. Física é uma ciência de modelos e a modelagem é

uma atividade sistemática dos físicos para construir e aplicar o conhecimento científico. Aprender Física, implica, então, aprender a jogar o jogo da modelagem.

Gilbert e Boulter (1998, apud KRAPAS et al., 1997) defendem que tanto os modelos quanto a modelagem devem ser discutidas em sala de aula. Isso se deve ao

reconhecimento do papel central de modelos e modelagem na investigação científica e nas práticas dos cientistas; a adoção de uma perspectiva construtivista da aprendizagem, segundo a qual a dinâmica de interações em sala de aula envolve um entrelaçamento de modelos; e as evidências já acumuladas relativamente ao papel substantivo de modelos pedagógicos na educação em ciências.

Mas deve-se discutir que caminhos seguir ao abordar esta temática em sala de aula. Fourez (2003) indica duas vertentes para pensar a noção de representação.

A primeira julga que uma representação é como uma imagem exata do real: seu espelho. Dizer que uma representação é verdadeira é, portanto, afirmar que ela reflete bem a realidade. Mas pode-se também falar de uma representação como da construção humana que, em certos debates, pode ocupar o lugar de uma situação. Nesta segunda maneira de ver, a representação não é absolutamente o espelho da realidade; ela é como um “mapa”. É um artefato humano, é uma técnica, é uma encenação em função de objetivos. No primeiro caso, a representação-reflexo funciona independentemente de qualquer finalidade humana. No segundo, trata-se de uma encenação feita por humanos, para humanos em função de objetivos. (p.120)

Esta vertente se aproxima das concepções da abordagem CTS, que partem da crítica a concepção linear que enxerga a ciência como um processo de desocultamento dos aspectos essenciais da realidade (LINSINGEN, 2007). Portanto, a abordagem CTS é um caminho que busca trazer a visão da ciência formada por homens, que possuem constante influência da sociedade e de seus valores, crenças e interesses.

PIEARCTS

Uma das principais metas do movimento CTS é a alfabetização científica, que vem crescendo desde a década de 70 (AIKENHEAD, 2005; AULER e BAZZO, 2001). Juntamente com este movimento, vem crescendo a importância da abordagem de tópicos de Natureza da Ciência no ensino (PRAIA et al., 2007).

A fim de avaliar as crenças e atitudes de estudantes e professores relacionadas a tópicos de natureza da ciência e tecnologia, foi elaborado o PIEARCTS (Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com Ciência, Tecnologia e Sociedade). Este projeto, coordenado por Angel Vázquez-Alonso, da Universidade de Ilhas Baleares, na Espanha, trabalha principalmente com três grupos: alunos no fim do Ensino Médio ou início da graduação, alunos no fim da graduação e professores. Estes grupo são ainda divididos em pessoas ligadas as áreas de ciência-tecnologia e humanas, homens e mulheres.

O projeto utiliza o COCTS (Questionário de Opiniões em Ciência, Tecnologia e Sociedade), que são questões empiricamente obtidas referentes a uma série de tópicos CTS. Trinta dessas questões foram divididas em dois formulários (visando facilitar a aplicação dos questionários) e aplicados em 7 países. Este questionário utiliza-se de uma metodologia onde as respostas são dadas variando com o grau de concordância em relação as questões, permitindo uma análise qualitativa de um procedimento quantitativo.

Metodologia

A metodologia é detalhadamente explicada em Roig, et al. (2011) que trata sobre a aplicação, avaliação e resultados alcançados pelos diversos países membros a partir da utilização dos questionários COCTS (Questionário de Opiniões em Ciência, Tecnologia e Sociedade), que são questões empiricamente obtidas referentes a uma série de tópicos CTS.

Sua aplicação consiste de 30 questões, divididas em dois questionários (F1 e F2). Cada questão possui uma série de afirmações empíricas que foram previamente categorizadas por um grupo de juízes especialistas como Adequadas, Plausíveis ou Ingênuas. (MANASSERO et al., 2000) Os participantes devem responder segundo uma escala que avalia seu grau de concordância com as afirmativas. É um procedimento de múltipla escolha onde o participante deve taxar cada item de 1 (totalmente ingênuas) a 9 (totalmente adequadas), conforme a Tabela 1 (VÁZQUEZ et al., 2008).

← MENOS ADEQUADAS						MAIS ADEQUADAS →		
Ingênuas, inadequadas			Plausíveis, parcialmente aceitáveis			Adequadas, apropriadas		
Totalmente ingênuas	Muito ingênuas	Ingênuas	Pouco plausíveis	Plausíveis	Muito plausíveis	Adequadas	Muito adequadas	Totalmente adequadas
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabela 1 - Escala de avaliação do COCTS

As avaliações são, a seguir, transformadas em um índice atitudinal que é normalizado no intervalo [+1, -1] mediante a proximidade das respostas dos participantes às categorias definidas pelos especialistas, sendo valores que se aproximem do +1 um indicativo de crenças e atitudes mais adequadas e informadas e valores aproximando-se do -1 indicam crenças e atitudes mais ingênuas e desinformadas.

O teste foi aplicado entre os anos de 2008 e 2010 no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ) com a participação de 470 indivíduos. Desses, 178 são alunos do Terceiro Ano do Ensino médio, 121 são alunos em início de formação universitária, 58 são alunos em final de formação universitária e 113 são professores em exercício.

Resultados

Neste trabalho avaliaremos a questão 90211 que se encontra no questionário F1 e trata sobre modelos científicos. A questão é apresentada na Tabela 2.

90211 Muitos modelos científicos usados nos laboratórios de investigação (tais como o modelo do calor, o dos neurônios, do DNA ou do átomo), são cópias da realidade.
--

Os modelos científicos SÃO cópias da realidade:	
Ingênua	A. porque os cientistas dizem que são verdadeiros, portanto devem sê-lo.
Ingênua	B. porque há muitas provas científicas que demonstram que são verdadeiros.
Ingênua	C. porque são verdadeiros para a vida. O seu objetivo é mostrar-nos a realidade ou ensinar-nos algo sobre ela.
Plausível	D. Os modelos científicos são, muito aproximadamente, cópias da realidade, porque são baseados em observações científicas e em investigação.
Os modelos científicos NÃO são cópias da realidade:	
Adequada	E. porque simplesmente são úteis para aprender e explicar, dentro das suas limitações.
Adequada	F. porque mudam com o tempo e com o estado do conhecimento, como o fazem as teorias.
Plausível	G. porque estes modelos devem ser ideais ou conjecturas bem informadas, já que o objeto real não pode se visto.

Tabela 2 - Questão 90211 sobre modelos científicos

Os índices atitudinais para esta questão são apresentados na tabela 3 e no gráfico 1.

	90211A_I	90211B_I	90211C_I	90211D_P	90211E_A	90211F_A	90211G_P
Total	0,4106	-0,2224	-0,2340	-0,1357	-0,0799	0,0310	0,0749

Tabela 3 - Índices atitudinais da questão 90211

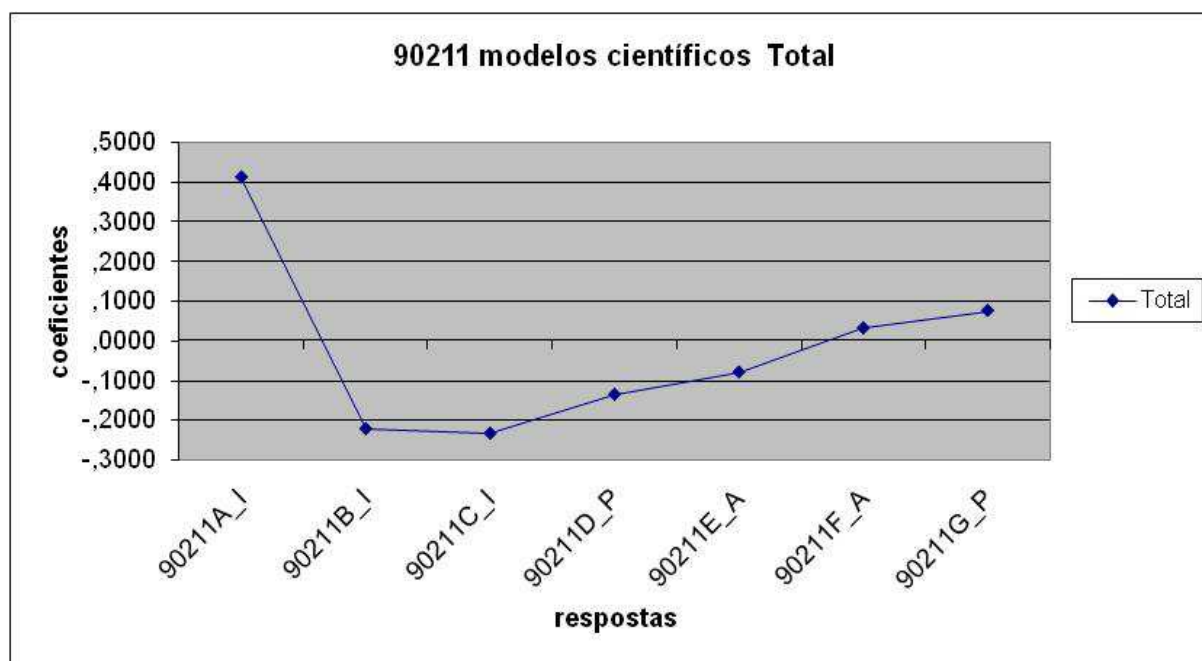


Gráfico 1 - Índices atitudinais da questão 90211

Em relação a alternativa A, o índice atitudinal mostra um elevado nível de proximidade com o resultado dos especialistas, demonstrando que os respondentes estão bem informados acerca do tema. É considerado ingênuo entre os pesquisados que apenas a palavra

do cientista seja suficiente para definir o que é verdade. Mas, analisando o índice da alternativa B, podemos ver que ainda é forte a idéia de que algo que se diz provado cientificamente é sinônimo de verdade.

A alternativa C também trabalha com o conceito de verdade e sua relação com os modelos científicos. A resposta dos pesquisados mostra uma crença em que o modelo é um meio para explicar uma verdade que seria intrínseca ao alvo da pesquisa. Fourez (2003) considera que esta visão é uma concepção da finalidade do ensino de ciências:

A idéia subjacente é que há uma verdade sobre o mundo que se deve procurar, encontrar e ensinar. Este modo de ver está ligado às filosofias científicas nas quais as ciências asseguram um pouco a continuidade das religiões para garantir uma base sólida à ordem social. (p.120)

Isso vai contra a idéia de que o conceito do que se considera verdade é uma construção humana e é constantemente modificado ao longo da história, colocado por Acevedo (1994).

Podemos ver pelo gráfico abaixo que, para as alternativas B e C há uma pequena, mas considerável discrepância entre as respostas quando separadas por área de conhecimento (ciências e humanidades).

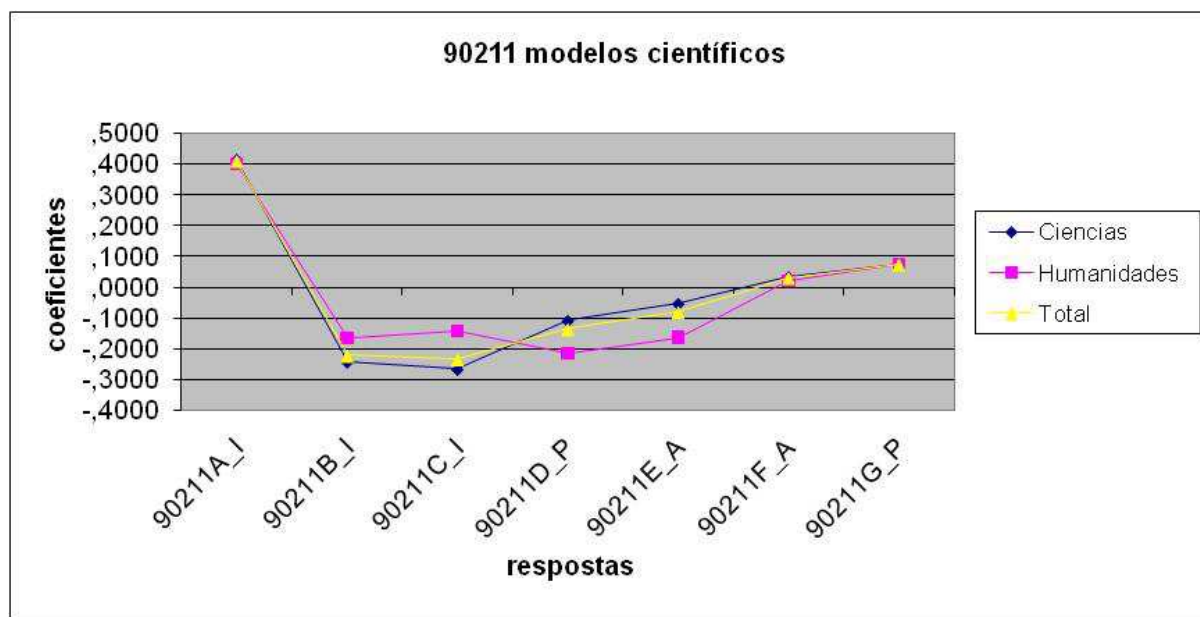


Gráfico 2 - Índice por área de conhecimento

É possível que a formação nas áreas humanas levem a uma concepção um pouco mais crítica do conceito de verdade, levando a um resultado ligeiramente melhor comparado ao resultado das áreas científicas, contudo os dados ainda mostram um coeficiente desfavorável nas duas áreas.

Analisando a alternativa E, podemos ver uma troca nos coeficientes das áreas de ciências e humanas. Há uma incidência maior de avaliações inadequadas nas áreas de humanidades, mesmo nas questões consideradas adequadas pelos especialistas. Pode ser que esta concepção mais crítica de pessoas desta área, aliada à desinformação sobre o tema, tenha levado a uma tendência maior a taxar as alternativas como inadequadas. Isso fica claro

quando avaliamos o gráfico que mostra o índice atitudinal para cada categoria de respostas de acordo com as áreas de conhecimento.

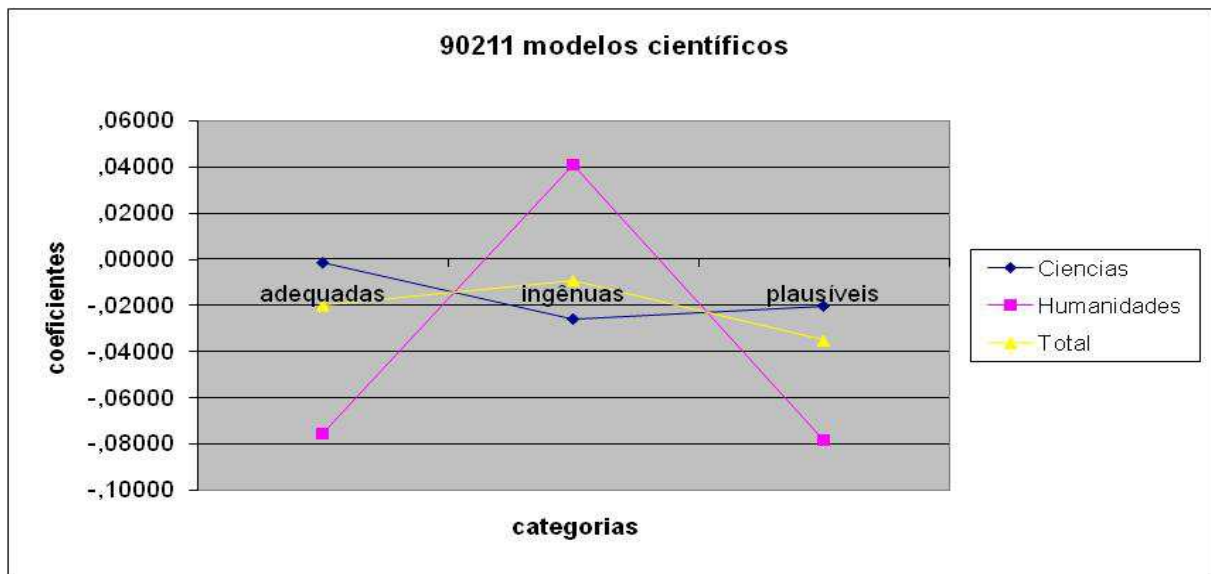


Gráfico 3 - Índice para as categorias de resposta de acordo com a área de conhecimento

Ainda assim, considerando o índice total presente na tabela 3, observamos na alternativa E uma atitude ingênua, de acordo com a resposta dos especialistas. Da mesma forma que nas questões anteriores, se afirma a visão dos modelos não serem uma construção teórica para mediar a relação entre o conhecimento humano com a natureza, mas sim a representação fiel da realidade

A alternativa F já mostra um índice mais favorável nas respostas dos pesquisados, apesar de ainda ser pouco significativo, devido à proximidade do zero. Esta atitude mostra que já há uma pequena compreensão do fato que a ciência não é cumulativa, sendo passível de reformulações. Mas pelo índice próximo ao zero e pelos resultados das alternativas anteriores, não devemos interpretar esta avaliação como um indicativo de uma visão bem informada sobre a modelagem científica.

Isso fica claro avaliando o gráfico 4, que mostra o índice total para cada categoria de resposta.

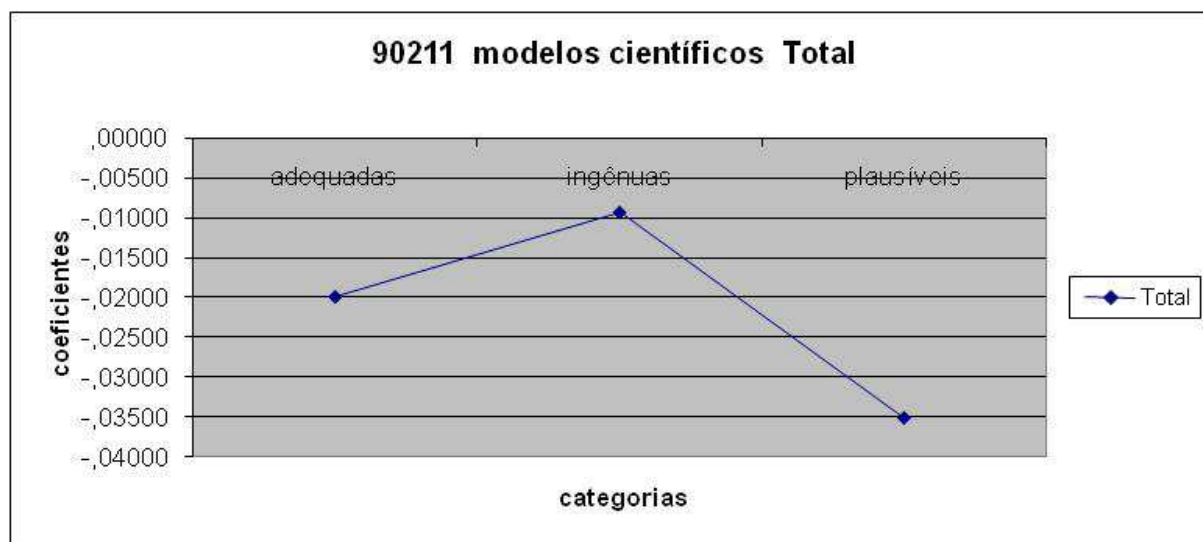


Gráfico 4 - Índice total para categorias de resposta

O gráfico mostra que, no geral, os índices ficam bem abaixo do esperado, afirmando a ingenuidade em relação a questão da modelagem científica.

As alternativas D e G necessitam de um cuidado maior na sua avaliação, por serem questões consideradas plausíveis pelos juízes especialistas. Isso quer dizer que é esperado que as respostas se aproximem dos resultados plausíveis definidos na tabela 1. Portanto um resultado negativo pode indicar tanto uma tendência a considerar a questão adequada, como pode-se considerar a questão ingênua. Neste caso é interessante avaliarmos também os dados brutos válidos para vermos se as respostas tendem mais para uma avaliação adequada ou ingênua da referida alternativa.

Esta situação pode ser observada na alternativa D. Apesar de estar no grupo de alternativas que considera o modelo científico como cópia da realidade, esta alternativa não é tão inflexível quanto as alternativas anteriores, colocando o modelo como uma cópia aproximada da realidade, baseadas em observações e investigações científicas, levando aos juízes não considerarem esta questão completamente ingênua, como as anteriores.

Alternativa D		
Escala	Frequência	Porcentagem
1	9	1,9
2	5	1,1
3	17	3,6
4	28	6,0
5	49	10,4
6	59	12,6
7	88	18,7
8	92	19,6
9	95	20,2

Tabela 4 - Dados brutos da alternativa D

Observando os dados brutos, podemos verificar que mais da metade das respostas foram com taxadas com os valores 7, 8 e 9, representando uma predominância de pesquisados que consideraram esta afirmativa adequada. Podemos ver que se mantém a idéia de considerar adequada a modelagem como cópia da realidade por parte dos pesquisados.

Já em relação a alternativa G, o índice atitudinal mostra-se mais favorável. A questão não considera o modelo científico como cópia da realidade, mas atribui isto ao fato do objeto real não poder ser observado, como se a verdade não pudesse ser atingida devido a limitações de observação da ciência. Acevedo (1994) coloca que é um ponto de vista muito simplista e, sem dúvida, profundamente reducionista que no mundo natural há uma única realidade a espera de ser descoberta por métodos objetivos e precisos. Então esta questão não é considerada adequada devido a esta visão simplista da realidade.

Alternativa G		
Escala	Frequência	Porcentagem
1	46	9,8
2	23	4,9
3	45	9,6
4	51	10,9
5	75	16,0
6	67	14,3
7	45	9,6
8	33	7,0
9	29	6,2

Tabela 5 - Dados brutos da alternativa G

O índice atitudinal, ainda que um pouco mais favorável, apresenta-se próximo de zero. Neste caso não podemos afirmar que as respostas representam uma atitude adequada e bem informada em relação a esta questão. Como podemos observar na tabela 5, as respostas estão bem distribuídas entre toda a escala, então também não podemos afirmar se as respostas tendem mais para uma visão adequada ou ingênua em relação a esta alternativa.

No geral, as questões plausíveis também apresentaram um resultado negativo, como mostra o gráfico 4. Isso demonstra uma dificuldade em boa parte dos pesquisados de caracterizar o processo de modelagem científica. Gilbert e Boulter (1998, apud Krapas et al., 1997) afirma que o ensino de ciências deveria incluir tanto a aprendizagem dos modelos propriamente ditos quanto uma reflexão sobre o papel dos modelos, e ainda a aprendizagem dos processos de modelagem. Reafirma-se aqui então a necessidade de se levar a sala de aula não somente a utilização dos modelos para o aprendizado de ciências, mas também a discussão sobre a modelagem científica.

Conclusão

Parece possível concluir que a visão de ciência e, especialmente, sobre o papel dos modelos científicos ainda são vinculados a uma verdade que independe da construção humana. A visão epistemológica da construção científica, no ensino de ciências, ainda se pauta numa dogmatização da ciência, onde a verdade desconsidera o papel do homem como parte integrante de sua formulação. Fourez (2003) coloca que "A ciência parece com uma religião que se impõe." Esta visão é perigosa, no sentido em que se cria um cidadão ou cidadã que não reflete sobre as consequências das aplicações científicas e tecnológicas presentes na sua vida.

Com o papel da ciência e tecnologia na sociedade atual, a alfabetização científica torna-se uma componente básica em uma educação para a cidadania, existindo hoje um amplo consenso acerca da necessidade de sua implementação (PRAIA et al, 2007). Se faz necessário buscar uma mudança nesta visão do processo científico, para que a população não fique alheia as decisões políticas e sociais sobre questões tecnocientíficas e possam avaliar criticamente este estado em que a sociedade se encontra, onde a ciência e tecnologia passaram de um procedimento para um fim em si mesma.

A proposta de educação defendida pelo enfoque CTS visa fomentar esta alfabetização científica, incentivando a criação de uma cultura de participação social, que é historicamente ausente em nosso país (AULER e BAZZO, 2001). Portanto, o CTS é uma alternativa para uma busca de atitudes mais adequadas perante temas relacionados a ciência e tecnologia que são recorrentes nos dias de hoje. Atitudes estas que não vêm sendo favoravelmente avaliadas pelos resultados do PIEARCTS.

Referências

- AIKENHEAD, G. S. Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. **Educación Química**, v. 6, n. 2, p. 114-124, 2005
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001
- ACEVEDO, J. A. Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias: Un enfoque CTS. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, v. 19, p. 111-125, 1994.
- FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.
- KRAPAS, S., QUEIROZ, G., COLINVAUX, D.; FRANCO, C. Modelos: Uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 185-205, 1997.
- GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. **Learning science through models and modeling**. In: B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1998.
- LINSINGEN, I. V. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, p. 01-16, 2007.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 3, p. 1-39, 1997.

PIETROCOLA, M. O. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações Científicas**, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n.2, p. 141-156, 2007.

VÁZQUEZ, Á.; MANASSERO, M. A.; ACEVEDO, J. A.; ACEVEDO, P. Consensos sobre a natureza da ciência: a ciência e a tecnologia na sociedade. **Química nova na escola**, v. 27, p. 34-50, 2008.

ROIG, A. B.; GARCÍA, A.; VÁZQUEZ, Á.; MANASSERO, M. A. **Metodología del Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS)**. In: Roig, A. B., Vázquez, Á., Manassero, M. A., García, A. (Org.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, p. 25-37, 2011.

VÁZQUEZ, Á.; ACEVEDO, J. A.; MANASSERO, M. A. **Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el Cuestionario de Opiniones CTS**. In: I. P. Martins (Coord.): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciencias experimentais*, pp. 219-230. Aveiro: Universidade de Aveiro. Versión electrónica corregida y actualizada en Sala de Lecturas CTS+I de la OEI., 2001.