



A COMPREENSÃO DE LICENCIADOS EM FÍSICA SOBRE MODELOS E MODELIZAÇÃO

THE UNDERSTANDING OF PHYSICS LICENSEES ABOUT MODELS AND MODELLING

Juliana Machado¹

1UFSC/PPGECT/julianam@ced.ufsc.br

Resumo

Neste trabalho investigamos a compreensão sobre modelos e modelização manifestada por alunos de um curso de licenciatura em Física através de suas propostas de atividades de modelização. Estas propostas foram realizadas dentro de um Projeto Temático desenvolvido pelos licenciados. O referencial teórico da análise é a teoria de modelos científicos proposta por Mario Bunge, e a metodologia empregada é a análise de conteúdo. Foram analisados 29 Projetos Temáticos, elaborados entre 2002 e 2008.

Palavras-chave: Modelização, Formação inicial de professores, Ensino de Física.

Abstract

This work investigated the understanding of models and modeling expressed by students in an undergraduate course in physics through its proposed modeling activities. These proposals were made within a Thematic Project developed by licensees. The theoretical framework of analysis is the theory of scientific models proposed by Mario Bunge, and the methodology employed is the analysis of content. We analyzed 29 Thematic Projects, prepared between 2002 and 2008.

Keywords: Modeling, initial training of teachers, Physics Teaching.

INTRODUÇÃO

Enquanto a realidade física se apresenta como algo complexo, cujo conhecimento está condicionado a idealizações e aproximações, no ensino tradicional de Física aparecem somente os resultados finais deste longo e árduo processo. Como consequência, o que se deflagra muitas vezes na prática escolar é uma *identificação* dos objetos da realidade, presentes no cotidiano, com aqueles que compõem as teorias (MARTINAND, 1986; PIETROCOLA 1999). Nessas condições, não é de estranhar que o aluno encontre dificuldades em relacionar os modelos apresentados em sala às situações reais encontradas fora da escola ou mesmo no laboratório¹. É no enfrentamento desta situação que surgem atualmente as discussões sobre a Modelização na educação científica escolar.

Em uma perspectiva bastante ampla, a Modelização se refere ao processo de elaboração de modelos ou à apropriação de modelos já construídos. Portanto é um

¹ Uma análise do modo como os objetos da ciência são incorporados por estudantes do ensino médio, com base no conceito de sentimento de realidade, pode ser encontrada em Pinheiro (2003).

processo que pode ser analisado quer em relação à Ciência, quer ao ensino de Ciências. Pela situação colocada no parágrafo precedente, podemos perceber que estas duas perspectivas se inter-relacionam, pois, assim como na Ciência, no seu ensino também é necessário que se perceba a distinção entre os objetos de conhecimento e os conhecimentos produzidos sobre estes objetos. Nas palavras de Colinvaux, “... *se as práticas dos cientistas envolvem elaboração de modelos, então é necessário que a educação em ciências trate também do tema modelos, seja em suas investigações, seja em suas práticas pedagógicas, formais ou informais*”.(COLINVAUX, 1998, p.9).

Se admitirmos que o aspecto processual da Ciência também necessita ser explorado em situações de sala de aula, um problema a ser enfrentado é a necessidade de se contemplar este aspecto na formação inicial de professores. Nesse sentido, uma iniciativa que vem ocorrendo e na qual se encontra o objeto da presente análise é a atividade de construção de Projetos Temáticos. Em nosso caso, esta atividade toma lugar na disciplina de “Instrumentação para o Ensino de Física B”, na quinta fase do curso de licenciatura em Física. Nela, os licenciados são orientados a elaborar um módulo de ensino sobre um tema que destaca um fenômeno da natureza ou de ordem tecnológica. Existe, portanto, uma preocupação explícita com a vinculação entre objetos e eventos da realidade e o conhecimento científico escolar. Dentro deste módulo, os licenciados propõem, em cada projeto, estratégias didáticas, incluindo-se aí atividades de modelização.

Mas o que são modelos científicos e como eles são construídos? Uma compreensão realista crítica para este problema, já empregada por outros autores em análises sobre o ensino e que têm se mostrado fértil, é encontrada na obra do físico e epistemólogo Mario Bunge. Por compartilhar de sua concepção sobre o tema dos modelos e também pela compatibilidade com os objetivos desta pesquisa, utilizaremos a teoria bungeana de modelos científicos como referencial teórico.

Nosso objetivo é acessar a compreensão de modelização veiculada nas propostas dos licenciados autores destes Projetos Temáticos. Para esse fim, foi realizada uma análise de conteúdo em 29 Projetos Temáticos, elaborados na disciplina “Instrumentação para o Ensino de Física B”, entre 2002 e 2008. Dada a polissemia e falta de clareza no uso deste conceito na literatura da educação científica (GRECA; SANTOS, 2005), parece-nos cada vez mais necessária a inserção desta temática na formação inicial, assim como a avaliação das iniciativas encaminhadas neste direcionamento.

A TEORIA BUNGEANA DE MODELOS CIENTÍFICOS

A contribuição de Mario Bunge para o problema dos modelos científicos tem sido amplamente reconhecida e, recentemente, empregada em diversas análises e reflexões no Ensino de Ciências (WESTPHAL; PINHEIRO, 2004; CUPANI; PIETROCOLA, 2002).

Para Bunge, as teorias científicas não se referem diretamente aos objetos reais, mas a versões idealizadas e abstraídas destes: são os **objetos-modelo**. Um objeto modelo é um objeto conceitual criado pela mente humana e que representa apenas de forma parcial o objeto real ao qual se refere. Na tentativa de compreender um gás real, por exemplo, podemos abstrair as variações de energia que ocorrem durante as colisões entre as moléculas e idealizar que o volume de cada molécula é nulo. Através destas considerações se cria um objeto modelo, que é o gás ideal (embora comumente apareça a expressão “modelo do gás ideal”, ele é, nesta perspectiva, um objeto-modelo).

Porém o objeto-modelo é apenas, grosso modo, uma lista de propriedades atribuídas a um objeto. Sozinho, não permite compreender o comportamento deste objeto. Para isso, é preciso inseri-lo em uma **teoria geral**, como a Mecânica Clássica, dessa forma produzindo um **modelo teórico**, como a teoria cinética do gás ideal. A teoria geral, exatamente por ser geral, não pode ser testada empiricamente. Somente os modelos teóricos podem ser testados, posto que se referem a um objeto-modelo específico.

Por resultar do “encaixe” do objeto-modelo na teoria geral, o modelo teórico herdará deste o caráter parcial e aproximativo. Isso significa que esse modelo negligenciará alguns aspectos do seu referente real, empregando abstrações e idealizações. O modelo teórico pode ser entendido, ainda, como um modelo matemático de um pedaço da realidade (BUNGE, 1974).

Além do sistema hipotético-dedutivo e, portanto, teórico, o termo “modelo” aparece também na obra de Bunge em referência a representações esquemáticas visuais de uma coisa: o autor utiliza para estes a expressão “modelos concretos”. Desenhos, animações, diagramas simbólicos, maquetes, análogos materiais são exemplos de modelos deste tipo. O autor também se refere a este tipo de representação esquemática concreta como “objeto-modelo do tipo conceitual” (BUNGE, 1974).

Os modelos teóricos podem ser distribuídos em um amplo espectro, de acordo com a profundidade exigida pelos objetivos da pesquisa. No extremo da superficialidade temos as **caixas pretas** (BUNGE, 1974), providas apenas de entrada e saída. O objetivo deste tipo de modelo teórico é apenas descrever o comportamento, utilizando variáveis direta ou indiretamente mensuráveis (como comprimento, temperatura, diferença de potencial). Alguns exemplos de teorias² representantes dessa abordagem são a cinemática, a termodinâmica, a óptica geométrica e a teoria da matriz do espalhamento.

Na extremidade oposta, encontramos modelos teóricos aos quais interessa obter uma compreensão do mecanismo interno, da constituição e estrutura do objeto investigado. Bunge (1974) denomina tais teorias específicas de **caixas translúcidas**. Estas caixas contêm referências a variáveis internas, mais interpretadas do que medidas, conceitos que geralmente estão ligados a teorias sofisticadas, como o spin, o campo ou a entropia. A dinâmica, a mecânica estatística, a óptica física e a teoria quântica hamiltoniana são representantes dessa abordagem.

METODOLOGIA

Na busca de compreender os significados atribuídos ao conceito de modelo pelos licenciados autores dos Projetos Temáticos, foram analisados 29 Projetos, elaborados entre 2002 e 2008. O instrumento empregado foi a análise de conteúdo (BARDIN, 1998), técnica utilizada principalmente no estudo de materiais do tipo qualitativo e tem, como características metodológicas mais importantes, a objetividade e a sistematização. É considerada aplicável a qualquer comunicação registrada e pode ser utilizada para analisar textos de diferentes maneiras, por exemplo, comparar mensagens (textos) emitidas pela mesma fonte através do tempo ou em diferentes situações; comparar mensagens de diferentes emissores ou comparar mensagens com categorias exógenas,

² Tanto as teorias gerais quanto os modelos teóricos podem ser interpretados pela noção de caixas. Bunge utiliza explicitamente ambos os termos (teoria e modelo) ao explicar e exemplificar as caixas. Isto se dá porque a idéia de caixas se refere a uma *abordagem*, e não a um particular objeto ou tema (BUNGE, 1974).

para determinar o significado que determinada fonte atribui a tais categorias (RICHARDSON, 1999).

Na disciplina “Instrumentação para o Ensino de Física A” os licenciados foram apresentados a referenciais teóricos sobre a Modelização, em particular os estudos de Pietrocola (1999; 2002) e Pinheiro (1996). Fazendo o papel de exemplares, são apresentadas e discutidas as propostas de Pinheiro (1996) de atividades de modelização. Dessa forma são ali fornecidos exemplos práticos e também fundamentos teóricos, principalmente no trabalho de Pietrocola, o qual se apóia, do ponto de vista epistemológico, na concepção de Mario Bunge sobre os modelos científicos.

O processo inicial de codificação do material consistiu em registrar as ocorrências dos termos “modelo” e “modelização”, que aparecem com diferentes frequências em cada Projeto, para posteriormente analisar o significado de cada ocorrência em seu respectivo contexto. Para esta análise, no caso do termo “modelização”, foi necessária uma leitura cuidadosa de cada descrição da atividade de modelização proposta. No caso do termo “modelo”, notou-se que a quase totalidade das ocorrências se refere a expressões clássicas no jargão da Física, como “modelo atômico”, ou “modelo do gás ideal”, etc.

Após esta leitura, procurou-se agrupar as ocorrências encontradas em categorias, que foram construídas ao se confrontar o conteúdo manifestado nos dados analisados com o referencial teórico que fundamenta nossa discussão sobre modelos científicos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise realizada permitiu identificar quatro categorias de significados atribuídos ao conceito de modelo percebido nas propostas de atividades de modelização encontradas nos Projetos Temáticos avaliados. A listagem dos Projetos Temáticos analisados, assim como os resultados individuais, encontram-se na tabela do Anexo I.

A seguir passamos a descrever e exemplificar estas categorias.

CATEGORIA 1: CAIXA-PRETA

Agrupar os casos nos quais o modelo a ser construído é do tipo caixa-preta, conforme a descrição desta espécie de modelo teórico discutida anteriormente. Em suma, a caixa-preta é um modelo matemático que expressa as relações entre as variáveis do objeto ou evento modelizado, interpretado em termos de variáveis intervenientes destituídas de referência concreta. Ao empregar esta noção como uma categoria de análise, porém, parece necessário considerar alguns dos aspectos apontados por Bunge como possíveis fontes de entendimentos equivocados deste conceito.

É preciso notar, por exemplo, que não há uma relação de implicação entre a abordagem “caixa-preta” e “macroscópica”. Isto é, uma entidade macroscópica pode ser objeto de uma abordagem representacional, assim como um sistema microscópico pode ser tratado como uma caixa-preta. Outro possível mal-entendido está na idéia de que os modelos desta espécie contêm apenas variáveis diretamente observáveis. Esta interpretação é falsa porque em muitos casos os valores atribuídos à variáveis são obtidos de forma indireta: basta pensar que a intensidade de uma força, em um dinamômetro, é inferida a partir da deformação de uma mola, e os valores de corrente elétrica em um circuito são lidos em equipamentos os quais, para serem construídos, também precisaram de ajuda da teoria. Um terceiro equívoco relevante para o contexto

do ensino está na afirmação de que o modelo do tipo caixa-preta é puramente descritivo. Embora seja verdade que a explicação fornecida seja superficial, não é correto dizer que não proporcione nenhuma explanação no sentido lógico do termo, ou seja, subsunções de afirmações singulares a afirmações gerais (BUNGE, 1974, p. 72).

As referências à modelização encontradas no material pesquisado e que foram classificadas na categoria de caixa-preta, tipicamente, envolvem uma seqüência básica de procedimentos que se assemelha à modelização de variáveis proposta por Pinheiro (1996). Ou seja, é proposta uma atividade experimental na qual são realizadas medidas de variáveis dependentes em função de variações nas variáveis independentes, obtendo-se uma tabela de pares de dados do tipo $(x, f(x))$. Em seguida se confecciona um gráfico, traçando-se a “melhor curva”, a qual por sua vez é utilizada para obter o valor da variável interveniente. Ao contrário dos exemplares propostos por Pinheiro, entretanto, os casos aqui inseridos não contemplam uma discussão do significado da variável interveniente, praticamente limitando-se a obtenção da expressão matemática. Além disso também não contêm, na atividade proposta, alguma discussão direcionada à articulação entre o modelo empírico e a teoria geral concernente ao objeto ou evento analisado. Eventualmente este tipo de discussão pode aparecer em momentos posteriores no planejamento do Projeto, porém não é identificado como parte da Modelização.

Algumas ocorrências registradas nesta categoria apresentam variações na seqüência de procedimentos descrita. Por exemplo, em alguns casos, não é proposta a confecção do gráfico, apenas a tabela de dados: esta proposição em geral é feita em atividades nas quais as duas variáveis em questão apresentam o mesmo valor, como é o caso da lei da reflexão e da relação entre a distância do objeto e a distância da imagem em espelhos planos.

Em vista destas variações, é necessário ressaltar que a categoria aqui denominada de “caixa-preta” não representa uma identificação total com a idéia de modelização de variáveis tratada por Pinheiro (1996). A característica observada para a classificação de alguma ocorrência nesta categoria é a de propor uma atividade experimental na qual sejam registrados valores de variáveis dependentes e independentes, para que se obtenha uma relação entre estas.

Alguns exemplos típicos classificados nesta categoria são:

Exemplo 1:

Para trabalhar a força de atrito que existe entre o surfista e a prancha vamos fazer um experimento modelizador. (...) Os alunos primeiramente deverão prender um dos objetos no dinamômetro sobre a mesa e puxá-lo lentamente até que o objeto inicie o movimento, anotando na tabela o valor registrado no dinamômetro instantes antes do movimento ao lado do peso do referido objeto. O procedimento será repetido acrescentando-se os outros objetos sistematicamente. O gráfico será de $F \times P$, onde F é a força registrada no dinamômetro e P é o peso total dos objetos. Como o gráfico resultará em uma reta, mostraremos que as duas grandezas são proporcionais a menos de uma constante (coeficiente de atrito estático), que será calculada em seguida com os pontos da reta. O mesmo será feito ao acrescentarmos uma lixa debaixo dos objetos, verificando que há uma mudança no coeficiente de atrito. (O MAR E O SURF, p. 12 – 13).

Exemplo 2:

Atividade experimental de modelização da Lei de Snell: (...) Com o transferidor, meça os ângulos de incidência (θ_1) e de refração (θ_2), na superfície plana (...) Preencha a tabela com os resultados obtidos. Agora, faça um gráfico de $\sin \theta_1$ em função de $\sin \theta_2$. Trace a melhor reta entre os pontos

que você obteve no gráfico. A inclinação da reta obtida deverá ser igual ao índice de refração do acrílico. (ONDAS SÍSMICAS, p. 54).

Exemplo 3:

Modelização: Número de imagens. Objetivo: constatar que dois espelhos planos podem formar várias imagens e que o número delas depende do ângulo por eles formado. (...) Procedimento: Colar os dois espelhos com a fita adesiva e medir o ângulo entre os espelhos com o transferidor. Funcionamento: Os espelhos verticais articulados podem ser movimentados de forma a variar o ângulo entre eles. Diminuindo o ângulo entre os espelhos, o número de imagens aumenta, tendendo a infinito à medida que os espelhos se aproximam. (A FÍSICA DOS MÁGICOS, p. 37)

CATEGORIA 2: ANÁLOGO OU SIMULACRO

Nesta classe foram agrupados os casos que manifestam uma compreensão de modelo baseada em uma relação analógica. Esta analogia tanto pode ser substancial, quando os objetos análogos partilham de propriedades objetivas (dois átomos quaisquer, por exemplo), quanto formal, quando há uma correspondência entre propriedades ou partes dos objetos (por exemplo, a migração de íons e a migração humana). Quando a analogia é simétrica, reflexiva e transitiva, torna-se uma relação de simulação (BUNGE, 1974). A simulação é, portanto, uma relação mais forte do que a analogia. Não obstante, optou-se por estipular uma categoria que pudesse abranger ambas as relações, pois, para os fins desta investigação, basta considerar-se que o análogo ou simulacro “... *de um dado sistema é um objeto que copia este último em algum aspecto, tal como formato ou função*” (BUNGE, 1974, p. 190).

Os análogos e simulacros de um objeto real constituem um subconjunto dos objetos-modelo e podem ser tanto materiais quanto conceituais. No primeiro caso podemos citar como exemplos maquetes, modelos de esferas para moléculas, atividades experimentais de simulação, etc. Para o segundo caso poderíamos exemplificar imaginando que...

... uma pessoa que não merece confiança pode ser encarada como uma máquina para venda automática, quebrada, que libera as mercadorias apenas em uma fração do tempo que gasta para engolir uma moeda. Este é um exemplo de análogo ou simulacro: a coisa real (o indivíduo indigno de confiança) é modelada segundo um sistema de uma espécie conhecida (uma máquina quebrada) e o objeto modelo resultante pode ser engastado numa teoria genérica, ou seja, a teoria markoviana das máquinas (BUNGE, 1974, p. 37).

A seguir estão listado alguns casos típicos classificados nesta categoria.

Exemplo 1:

Modelizar elasticidade experimentalmente: (...) Colocar os pedaços de espuma de borracha sobre uma mesa ou bancada onde possam ser observados claramente pelos alunos. Os blocos representam placas tectônicas. Mantendo um dos blocos de espuma de borracha fixos, empurrar o outro longitudinalmente na direção do primeiro, comprimindo-os lentamente. Observar a deformação do material. Indagar os alunos: Podemos comparar os blocos de espuma com as molas e os elásticos? A resposta esperada é que sim, podendo prosseguir assim para a próxima pergunta. Caso isto não ocorra, o professor deverá comprimir um dos blocos de espuma e uma mola para que os alunos vejam que os dois têm um comportamento semelhante, saltando a próxima pergunta. (ONDAS SÍSMICAS, p. 13)

Exemplo 2:

A modelização será trabalhada de forma a tentar demonstrar para os alunos que as reações químicas precisam de elevada temperatura para que as moléculas se colidam com força suficiente para fazer suas ligações químicas se romperem, permitindo novas ligações químicas com outros elementos que estão no ambiente. (...) para demonstrar tal fato, pode-se utilizar duas ou mais bolinhas de gude ou argila. Ao arremessar uma contra a outra, veremos que, com baixa velocidade de impacto, as bolinhas sairão ilesas do choque. Ao aumentar muito essa velocidade, as bolinhas se romperão. Sendo que as bolinhas representam as moléculas presentes no ambiente e, ao se partirem, simbolizam seus átomos sendo “espalhados”, pois suas ligações químicas foram rompidas. (MEDIDAS DE TEMPERATURA: ALTO FORNO À CRIOGENIA, p. 36).

Análogos conceituais foram encontrados em uma frequência muito menor, e por este motivo não foram agrupados em uma categoria separada. O exemplo seguinte refere-se a uma ocorrência deste tipo.

Exemplo 3:

Uma vez que o modelo atômico de Bohr é fundamental para o entendimento da emissão de luz no laser e no plasma gasoso, o professor vai usar da seguinte analogia para compreensão do modelo. Imaginemos que a Terra seja o núcleo atômico e que os elétrons sejam pessoas ocupando degraus de uma escada muito grande. Para uma pessoa “saltar” para um degrau imediatamente superior ao que estava, esta precisa gastar uma certa quantidade de energia. Para onde foi essa energia gasta pela pessoa, uma vez que a energia não pode ser destruída, apenas transferida? Esta energia fica armazenada no sistema Terra-pessoa na forma de energia potencial gravitacional. Com o elétron acontece coisa semelhante; a única diferença é que ele pode mudar para um nível superior apenas quando recebe energia de um meio externo (uma outra partícula que colida com ele, por exemplo). No caso de uma pessoa que “salta” para um degrau mais baixo, ela não precisa de nenhum esforço para tanto, bastando deixar seu corpo “cair”. Quando isto acontece, o sistema Terra-pessoa perde parte da energia potencial na forma de energia de movimento (cinética). Novamente, com o elétron acontece algo semelhante: quando ele decai para um nível menor, ele também perde energia, porém não na forma de energia cinética, mas sim, emitindo um fóton de energia, que em determinadas circunstâncias pode estar na faixa da luz visível. (LASER E A FORMAÇÃO DE IMAGENS NO CÉU, pág. 12).

CATEGORIA 3: OBJETO-MODELO

Nesta categoria foram classificados os sentidos de “modelo” ou de “modelização” nos quais fosse possível identificar o que Bunge denominou de objeto-modelo, isto é, uma representação idealizada de um objeto real, conforme se discutiu ao longo do segundo capítulo desta dissertação. O objeto-modelo pode ser entendido como uma descrição ou uma listagem das propriedades atribuídas a um certo objeto.

É necessário observar que, apesar da nomenclatura, nem todos os construtos classificados por Bunge como objetos-modelo foram inseridos nesta categoria, pois um subconjunto destes já foi classificado em outra categoria: a dos análogos ou simulacros. Conseqüentemente, nesta análise de conteúdo, ao empregar o termo “objeto-modelo” estaremos nos referindo exclusivamente aos objetos-modelo não-analógicos. Portanto são excluídos desta categoria os usos da palavra “modelo” referidos a desenhos, maquetes, etc., embora este tipo de recurso possa *acompanhar* um texto classificado nesta categoria. A característica determinante para a categorização em “objeto-modelo” é que se perceba, na proposta analisada, a intenção de se veicular uma descrição

conceitual do objeto, que não seja através de uma analogia ou de um desenho, mas da atribuição de suas propriedades. É o caso de ocorrências como as listadas a seguir.

Exemplo 1:

Modelização: (...) adotaremos um tipo de modelo conhecido como imaginário, e assim propor que a estrutura imaginária se assemelhe ao máximo da estrutura real que pretendemos comparar. Frasco de Dewar: [ilustração esquemática de um tubo de Dewar, ou garrafa térmica] (...) Tampa: Impede o contato com o ar externo evitando assim o processo de convecção. Paredes Espelhadas: Impedem o processo de radiação. Vácuo: Impede o processo de convecção e condução, já que os mesmos não se propagam no vácuo. (MEDIDAS DE TEMPERATURA: ALTO FORNO À CRIOGENIA, p. 29)

Exemplo 2:

(...) apresente aos alunos o Modelo Atômico de Rutherford, chamando atenção para seus constituintes básicos: prótons, nêutrons e elétrons. Fale sobre a carga de cada um deles também! O elétron possui carga negativa, o próton carga positiva e o nêutron, como o próprio nome já diz, é um corpúsculo neutro. (RUMO AO INVISÍVEL COM OS MICROSCÓPIOS, p. 8).

Exemplo 3:

(...) o professor deve apresentar o modelo atômico comentando que a corrente elétrica acontece em um lugar específico do material e depende da distribuição dos elétrons neste material. (...) Para isto devemos usar o modelo atômico de Bohr. O átomo é constituído de núcleo e eletrosfera: núcleo: prótons + nêutrons. Eletrosfera: elétrons. Os elétrons giravam ao redor do núcleo em camadas eletrônicas ou níveis de energia. (CÉLULAS SOLARES, p. 8).

CATEGORIA 4: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE OUTRA NATUREZA

Esta categoria reúne propostas de atividades ditas de modelização as quais não poderiam ser caracterizadas em nenhum dos três tipos anteriormente descritos. De um modo geral, são bastante heterogêneas e poderiam ser encontrados exemplos que se identificariam com quase qualquer uma das categorias de atividades experimentais propostas por Pinho Alves (2000) ou mesmo outras. Embora os autores de Projetos nos quais esta categoria foi identificada se proponham a modelizar, estas atividades prestam-se a diversos fins, como demonstrar, ilustrar, criar uma situação de conflito cognitivo ou servir como um elemento lúdico.

Exemplo 1:

Modelização 5 – Bússola próxima a fios atravessados por corrente elétrica. Objetivos: Mostrara a influência do campo magnético produzido pela corrente que atravessa um fio numa bússola (experiência de Oersted) e entender o funcionamento de eletroímã. Nesta modelização o professor fará uma demonstração com a experiência de Oersted para mostrar influência do campo magnético produzido pela corrente que atravessa o fio numa bússola. (RADIAÇÃO E A FORMAÇÃO DE IMAGENS NA MEDICINA, p. 28)

Exemplo 2:

Modelização: Um termômetro e um copo de água com temperatura diferente da ambiente será utilizado para demonstrar aos alunos o equilíbrio térmico, a partir daí estudaremos as unidades de temperatura e suas equações matemáticas. Contudo, o tipo de modelo que será utilizado é o teórico. (MEDIDAS DE TEMPERATURA: ALTO FORNO À CRIOGENIA, p. 33)

FREQÜÊNCIA RELATIVA DAS CATEGORIAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

No total, os termos “modelo” ou “modelização”, pesquisados em 29 Projetos, apareceram 83 vezes.

A categoria “**AE de outra natureza**” corresponde a 32,5% deste total, sendo o significado mais freqüente atribuído ao conceito pesquisado. Ela não se aproxima, conforme discutimos, de qualquer compreensão de modelo possível de ser interpretada a partir do referencial teórico ou dos exemplares de Pinheiro (1996), nem de outras compreensões na literatura. É possível interpretar este resultado como um efeito de cumprimento do Contrato Didático (1986), pois, como se exigiu que os Projetos Temáticos contemplassem a modelização, alguns dos alunos simplesmente atribuíram este papel a alguma atividade experimental qualquer, apenas para cumprir a exigência, quer seja por negligência ou por uma incompreensão de fato. A investigação mais aprofundada dos motivos que levaram a esta incompreensão exige o emprego de outros instrumentos, porém esta tendência parece reforçar a idéia segundo a qual os conhecimentos físicos provêm basicamente da experimentação, sem uma influência considerável de outros conhecimentos, de modo que as teorias gerais permanecem algo à parte, desprovidas de alguma relação com a realidade.

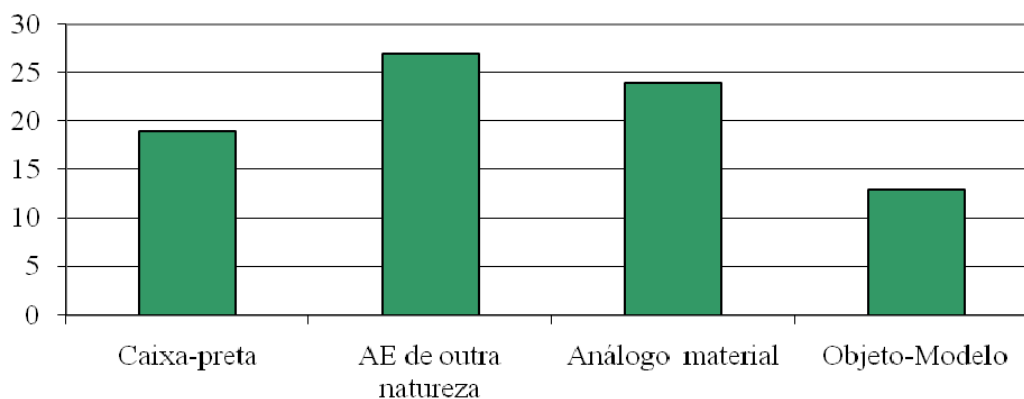


Gráfico 1. Categorias de análise. No eixo vertical está representado o número absoluto de ocorrências de cada categoria.

Em segundo lugar, a categoria “**análogo material**” representa 28,9% das ocorrências. É interessante que surja tão freqüente, pois quase não aparece nos textos estudados como referencial teórico (exceto uma breve citação de Kneller (1980), que fala em modelo representacional como uma maquete) na disciplina “Instrumentação para o Ensino de Física A”, nem nos exemplares de Pinheiro (1996). Porém esta é, de fato, uma compreensão da modelização recorrente na literatura. Um exemplo é encontrado na proposta do modelo didático analógico:

A idéia básica para construir um modelo didático analógico é conhecer profundamente o tema que se quer ensinar, abstrair seus conceitos nucleares e as relações funcionais entre tais conceitos e traduzir tudo a uma situação, o mais inteligível possível para os alunos, proveniente da vida cotidiana, da ficção científica ou do senso comum. (GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2001, p. 232, tradução nossa).

As autoras fornecem como exemplo uma atividade sobre o estudo de mecanismos de transporte no comportamento de células. Nela, os alunos são levados a associar certos mecanismos celulares com os meios de transportes de entidades retiradas do cotidiano, como um elefante (análogo à macromoléculas, que não podem ser absorvidas) ou um ladrão (análogo à vírus, que entram em um organismo enganando os sistemas de segurança), etc.

Em terceiro lugar, a categoria “caixa-preta” corresponde a 22,9% das ocorrências registradas. Este resultado pode ser entendido como uma associação mais intensa com os exemplares de Pinheiro (1996), que tinham como objetivo a modelização de variáveis. É preciso notar que não se falou, nos subsídios teóricos sobre modelização oferecidos aos licenciados, sobre a classificação de caixas pretas e caixas translúcidas que Bunge faz sobre os modelos teóricos. Estes subsídios são, na verdade, além do trabalho de Pinheiro (1996), o artigo de Pietrocola (1999). Neste artigo, discute-se de forma breve a teoria bungeana de modelos, basicamente os conceitos de objeto-modelo, teoria geral e modelo teórico, sem aprofundar nas caixas.

Sobre o uso das caixas-pretas, convém ressaltar que na compreensão de Bunge (1974), o objetivo em longo prazo da teorização científica não é sintetizar a experiência, mas *interpretar a realidade*. Por isso, a constituição das caixas pretas é apenas um primeiro estágio na construção da teoria. Importa fazê-las evoluir para caixas translúcidas, do contrário, permanecem incompletas, porque a conquista teórica da realidade implica em “*uma explicação do inobservável e uma interpretação do observável em termos do inobservável*” (BUNGE, 1974, p. 89). Este é um aspecto importante da modelização que parece não ter sido suficientemente considerado pelos autores dos Projetos analisados.

Esta interpretação é reforçada pela baixa frequência da categoria objeto-modelo: apenas 15,7%. Este resultado parece indicar que o componente de idealização e abstração, tão importante para compreender a relação entre a realidade física e o conhecimento, ainda é pouco presente nestas propostas. À luz da teoria bungeana, somos levados a concluir que esta baixa frequência compromete o objetivo da modelização no ensino, o qual, segundo Pietrocola, seria o de permitir a passagem de um real imediato (com origem no senso comum) ao real idealizado pela Ciência (Pietrocola, 1999).

Em nossa perspectiva, a dificuldade apresentada pelos licenciados em contemplar as operações de idealização e abstração de forma explícita em suas propostas pode ser compreendida pela própria formação específica destes licenciados, já que, tradicionalmente,

Livros didáticos e professores se debruçam sobre situações previamente modelizadas, negligenciando o processo de modelização, do qual são fruto, como atividade didática. (...) Uma mudança de atitude requer a apresentação de situações físicas não modelizadas, em forma bruta, não totalmente idealizadas e abstraídas. (CUSTÓDIO, 2007, p. 220).

Estamos convencidos de que a atividade de elaboração dos Projetos Temáticos desempenha um papel importante ao sensibilizar os licenciados para a necessidade uma aproximação entre o conhecimento veiculado e a realidade física. Acreditamos, porém, que um aprofundamento maior na Transposição Didática à luz de uma teorização clara sobre os modelos e a modelização possa contribuir para que estas atividades aproximem-se do objetivo mencionado por Pietrocola (1999).

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; MORALES, Laura. El Concepto de Modelo en la Enseñanza de la Física – Consideraciones Epistemológicas, Didácticas y Retóricas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n.1, p.76-88, abr. 2002.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1998.

BROUSSEAU, Guy. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. **Recherche en didactique des mathématiques**. La Pensée Sauvage: Grenoble, 1986.

BUNGE, Mario. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

COLINVAUX, Dominique. **Modelos e educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

CUPANI, Alberto; PIETROCOLA, Maurício. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. n. especial, p. 100-125, 2002.

CUSTÓDIO, José Francisco. **Explicando explicações na educação científica: domínio cognitivo, status afetivo e sentimento de entendimento**. Tese de Doutorado. Florianópolis: PPGECT/UFSC, 2007.

GALAGOVSKY, Lydia; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Modelos y Analogías en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. El Concepto de Modelo Didáctico Analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 19 vol.2, 2001.

GRECA, Ileana; SANTOS, Flávia. Dificuldades da Generalização das Estratégias de Modelação em Ciências: o Caso da Física e da Química. In: **Revista eletrônica Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 1. Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

KNELLER, George. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro. Zahar; São Paulo, EDUSP, 1980.

MARTINAND, Jean-Louis. Ensenanza y aprendizaje de la modelizacion. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 1, 1986.

PIETROCOLA, Maurício. A Matemática como Estruturante do Conhecimento Físico. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v.19, n.1, p.93- 114, abril. 2002.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: IFUFRGS, vol. 4, n. 3, 1999

PINHEIRO, Terezinha de Fátima. **Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2º grau e a ciência dos cientistas: uma discussão**. 1996. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação.

PINHO-ALVES, J. **Atividades Experimentais: do método à prática construtivista**. (Tese de Doutorado). CED/UFSC. Florianópolis, 2000.

WESTPHAL, Murilo; PINHEIRO, Thais. C. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o Ensino de Ciências. **Ciência & educação**, Bauru - S.P., v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.

ANEXO – TABELA I

Ano	Título do Projeto	Caixa-preta	AE de outra natureza	Análogo material	Objeto-Modelo	TOTAL
2002	Onda, Onda, Olha a Onda	0	3	0	0	3
2003	Curtindo um Som	1	0	3	0	4
	Entre nessa Microonda	2	0	0	1	3
2004	A Física dos Mágicos	3	0	1	0	4
	Entre nessa Microonda	1	0	2	0	3
	Faraday Induz a Festa	1	0	1	1	3
	Por que Usar Óculos?	3	0	2	0	5
	Voando Alto com Daiane dos Santos	0	4	1	0	5
	Você Sabe Curtir um Som?	0	1	0	0	1
2005	Máquinas Hidráulicas	0	3	0	0	3
	O Mundo das Cores	2	1	0	1	4
	Ondas Sísmicas	1	2	1	1	5
	Venha Curtir um Som	1	1	1	1	4
2006	Laser e a Formação de Imagens no Céu	0	0	2	0	2
	Células Solares	0	0	0	1	1
	O Buraco na Camada de Ozônio	0	0	1	0	1
	Computadores: das Válvulas aos Microchips	0	1	1	2	4
	Nascimento e Morte de Estrelas	0	0	0	1	1
	O Céu Azul, o Arco-Íris e o Pôr do Sol	1	0	0	0	1
2007	Céu em Chamas: das Auroras Polares aos Raios Cósmicos	0	0	1	0	1
	Levitando Trens com Supercondutores	0	1	0	1	2
	Medidas de Temperatura: Alto forno à Criogenia	0	3	1	1	5
	O Mar e o Surf	2	1	0	0	3
	Radiações e Formação de Imagens na Medicina	0	4	1	1	6
	Vamos Copiar? Da Fotocópia à Cópia Colorida	0	1	2	0	3
2008	Entrando Numa Fria	0	1	1	0	2
	O Campo Magnético da Terra	0	0	1	0	1
	O Mar e o Surf	1	0	0	0	1
	Rumo ao Invisível com os Microscópios	0	0	1	1	2
	TOTAL	19	27	24	13	83