

## PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS SOBRE MODELOS

**Rosária S. Justi**

Departamento de Química, UFMG  
Av. Antônio Carlos, 6627 Pampulha  
31270-901 Belo Horizonte MG Brasil

### Resumo

Modelos desempenham um importante papel no Ensino de Ciências. Entretanto, pesquisas anteriores revelaram que o conhecimento do conteúdo, o conhecimento curricular e o conhecimento pedagógico do conteúdo de professores de Ciências na área de modelos e criação de modelos são geralmente incompletos ou inadequados. Nessa perspectiva, um projeto de pesquisa foi elaborado objetivando promover e acompanhar o desenvolvimento dos conhecimentos de professores de Ciências nessa área. Nesse projeto, o ‘Modelo Interconectado de Crescimento Profissional de Professores’ foi adaptado a fim de alicerçar o estabelecimento de relações entre todos os diferentes tipos de dados coletados. Os resultados de uma professora são analisados de forma a evidenciar como o modelo adaptado pode ser útil na caracterização do desenvolvimento profissional de professores.

Palavras-chave: Modelos e Criação de Modelos; Formação de Professores de Ciências.

### Introdução

#### *Modelos em Ciências*

Cientistas de diferentes áreas utilizam definições diversificadas para modelos mas que, certamente, não incluem idéias como ‘modelo é uma cópia de alguma coisa’, ‘modelo é um padrão a ser seguido’, ou ‘um modelo não pode ser modificado’ – idéias que podem existir no contexto de utilização cotidiana dessa palavra. Neste trabalho, a palavra ‘modelo’ é usada em relação ao contexto científico e significando que um modelo (i) é uma representação parcial de um objeto, um evento, um processo ou uma idéia (dentre várias possíveis); (ii) é utilizado com uma finalidade específica (por exemplo, facilitar a visualização de algum aspecto, favorecer o entendimento, promover a elaboração de previsões e o desenvolvimento de novas idéias); (iii) é passível de modificações (Justi & Gilbert, in press).

#### *Modelos e Criação de Modelos no Ensino de Ciências*

Os objetivos para o Ensino de Ciências que têm norteado a maioria das propostas atuais para o mesmo baseiam-se, em alguma extensão, naqueles propostos por Hodson (1992): *aprender Ciências*, isto é, compreender o conhecimento científico conceitual; *aprender sobre Ciências*, isto é, compreender aspectos de história, filosofia e metodologia de Ciências; e *aprender a fazer Ciência*, isto é, tornar-se capaz de participar de atividades que objetivem a aquisição de conhecimento científico.

Nesta perspectiva, podemos considerar que modelos e criação de modelos desempenham um papel central e fundamental no Ensino de Ciências. Isto porque, como tem sido proposto na literatura (por exemplo, Cosgrove & Schaverien, 1997; Erduran, 2001; Gilbert, 1997; Gilbert & Boulter, 1997; Gilbert et al., 1998; Greca & Moreira, 2000; Harrison & Treagust, 2000; Justi & Gilbert, in press; Spitulnik & Krajcik, 1998), a fim de: (i) *aprender*

*Ciências*, os alunos devem conhecer e entender os principais modelos científicos, assim como a abrangência e as limitações dos mesmos; (ii) *aprender sobre Ciências*, os alunos devem desenvolver uma visão adequada sobre a natureza de modelos e serem capazes de avaliar o papel de modelos científicos específicos no desenvolvimento do conhecimento científico; (iii) *aprender a fazer Ciência*, os alunos devem ser capazes de criar, expressar e testar seus próprios modelos. Além disso, o envolvimento de alunos em atividades de criação de modelos pode se transformar em excelentes oportunidades para que professores acompanhem o processo de expressão de suas idéias originais e de compreensão dos modelos científicos estabelecidos (Duit & Glynn, 1996).

Na área de Ensino de Ciências é igualmente importante explicitar os significados de *modelos curriculares* e *modelos de ensino*. Os primeiros são versões simplificadas e adequadas de modelos científicos aceitos atualmente ou em algum contexto no desenvolvimento da Ciência que são ensinados aos alunos. Eles são frequentemente introduzidos aos alunos através de modelos de ensino: representações que são elaboradas com o objetivo específico de facilitar a compreensão dos alunos sobre algum modelo científico (Gilbert & Boulter, 1995).

### *Conhecimentos de Professores*

Ao discutir o que ele chamou de “problema do paradigma perdido” – a ausência de foco no conteúdo das diversas áreas na pesquisa em ensino – Shulman (1986, 1987) sugeriu a existência de várias categorias que formariam a base do conhecimento usado pelos professores em sua atividade profissional: conhecimento do conteúdo, conhecimento curricular, conhecimento pedagógico do conteúdo, conhecimento pedagógico geral, conhecimento sobre alunos e suas características, conhecimento de contextos educacionais e conhecimento de objetivos educacionais. As três primeiras categorias são importantes no contexto da pesquisa aqui relatada.

*Conhecimento do conteúdo* é a compreensão do conteúdo científico propriamente dito. Na perspectiva proposta por Hodson (1992) para o Ensino de Ciências, isso incluiria a compreensão dos conceitos e processos científicos, a compreensão de aspectos de história, filosofia e metodologia da Ciência e a capacidade de participar de atividades que resultem na aquisição de conhecimento científico. Por outro lado, *conhecimento curricular* envolve a compreensão das formas de organização do conhecimento usadas em disciplinas específicas em um determinado nível escolar, assim como dos materiais instrucionais adequados para circunstâncias particulares. Finalmente, Shulman propôs que, para um tópico particular, o *conhecimento pedagógico do conteúdo* inclui dois elementos “as maneiras de representar e formular o conteúdo de forma que ele possa ser compreendido por outras pessoas” e “a compreensão dos fatores que contribuem para que a aprendizagem daquele tópico seja fácil ou difícil” (Shulman, 1986, p.9).

Traduzindo essas idéias para os contextos do ensino de modelos e criação de modelos no Ensino de Ciências e do ensino de modelos científicos, torna-se fundamental que:

1. O conhecimento de conteúdo dos professores inclua a compreensão da natureza de modelos em geral. Isto incluiria aspectos como, por exemplo, o que são modelos, para que modelos são utilizados, quais entidades são representadas em modelos, a estabilidade de modelos ao longo do tempo (Justi & Gilbert, 2003).
2. O conhecimento curricular dos professores inclua quando, como e por que a idéia geral de modelos e modelos científicos específicos devem ser introduzidos em suas turmas. Em outras palavras, isto significa a capacidade dos professores de desenvolver e/ou modificar *modelos curriculares* relacionados aos tópicos que devem ser ensinados.

3. O conhecimento pedagógico do conteúdo dos professores inclui a capacidade de desenvolver bons *modelos de ensino*, a capacidade de conduzir atividades de criação de modelos em suas turmas, a compreensão de como os alunos constroem seus próprios modelos mentais e a habilidade de lidar com os modelos expressos pelos alunos numa situação de ensino (Gilbert et al., 1998).

### *Desenvolvimento Profissional de Professores*

Numa perspectiva construtivista, aprendizagem é caracterizada como um processo em que uma pessoa constrói seu próprio conhecimento a partir do estabelecimento de relações entre o que ela já sabe e as novas informações que são adquiridas em suas interações com o mundo. Conseqüentemente, ao desejar favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos de professores em relação a todos os aspectos mencionados previamente, torna-se necessário promover oportunidades para que eles se envolvam em processos de aprendizagem.

Como discutido por Clarke e Hollingsworth (2002), por muito tempo as mudanças no conhecimento de professores têm sido consideradas como resultado de ‘treinamento’, isto é, de algo que é feito para os professores e do qual eles participam de forma relativamente passiva. Além disso, os resultados de tais mudanças são geralmente ‘medidos’ no final do treinamento. A situação pode ser comparada à aplicação de um teste para alunos no final do ensino de um determinado tópico curricular onde bons resultados não podem ser associados à aprendizagem significativa de tal tópico. Visando realmente favorecer a construção de conhecimento pelos professores, seria necessário de que tais processos objetivassem à ocorrência de aprendizagem significativa.

Clarke e Hollingsworth (2002) propuseram um modelo para o processo de mudança dos professores que foi denominado ‘Modelo Interconectado de Crescimento Profissional de Professores’ (Figura 1). De acordo com este modelo, o mundo dos professores é constituído de quatro domínios distintos que se modificam através dos processos de ‘reflexão’ e ‘execução’<sup>1</sup> (representados pelas setas que ligam os domínios). A multiplicidade de possíveis caminhos entre os domínios reflete a complexidade do desenvolvimento profissional de professores. Além disso, os autores explicam que:

“O termo ‘execução’ foi escolhido para distinguir a translação de uma crença ou modelo pedagógico em ação de simplesmente ‘fazer’. Isso se baseou em que ‘fazer’ ocorre no domínio da prática, enquanto cada ação representa a ‘execução’ de algo que o professor sabe, acredita ou tem vivenciado.” (Clarke and Hollingsworth, 2002, p. 951).

Nesta pesquisa, os relacionamentos entre o que foi dito anteriormente sobre os conhecimentos dos professores e este modelo de crescimento profissional foram estabelecidos considerando-se que ‘domínio pessoal’ se refere aos conhecimentos de conteúdo, curricular e pedagógico do conteúdo sobre modelos e criação de modelos; ‘domínio externo’ refere-se a situações de aprendizagem nas quais os professores participam; ‘domínio da prática’ resulta do uso dos conhecimentos dos professores em situações de ensino; e ‘domínio das conseqüências’ refere-se àquilo que os professores vivenciam a partir de suas práticas profissionais (como representado na Figura 2). Nesta Figura, as relações foram numeradas para facilitar a apresentação e discussão dos dados.

---

<sup>1</sup> Verbete mais próximo do original em inglês ‘enaction’.



evidenciado que os conhecimentos dos professores nesta área são inadequados para que os mesmos possam conduzir processos de ensino de acordo com as perspectivas mais contemporâneas. Considerando os resultados dessas pesquisas, a importância de promover oportunidades de modificação de suas visões e as limitações de tímidas iniciativas nesta direção, os objetivos deste projeto foram definidos como:

1. Produção de um 'domínio externo' constituído de atividades voltadas para o desenvolvimento dos conhecimentos dos professores sobre modelos e criação de modelos.
2. Estudo das relações estabelecidas entre todos os domínios no processo vivido pelos professores ao participarem do projeto.
3. Elaboração e discussão de diretrizes que possam orientar pesquisadores e educadores da área de Ensino de Ciências interessados em promover o desenvolvimento dos conhecimentos dos professores sobre modelos e criação de modelos.

O presente artigo tem como objetivo discutir como o modelo de desenvolvimento profissional adaptado nesta pesquisa possibilitou a caracterização do desenvolvimento dos conhecimentos dos professores sobre modelos e criação de modelos.

### **Aspectos Metodológicos**

Cinco professores de Ciências que estavam realizando seu curso de pós-graduação de um ano para adquirirem o título de professor na Universidade de Leiden, na Holanda, participaram deste estudo. Todos eles tinham previamente completado os cursos de Química ou Física<sup>2</sup>. Apesar de ainda estarem no curso, todos eles já trabalhavam como professores de escolas secundárias por tempos que variavam de 3 meses a 3 anos quando o projeto se iniciou.

A fase inicial do projeto envolveu a caracterização do domínio pessoal inicial dos professores. Isso foi realizado a partir da aplicação do questionário VOMM (Justi & Gilbert, 2003), previamente elaborado com o objetivo de caracterizar o conhecimento do conteúdo de professores de Ciências sobre modelos e criação de modelos. À aplicação do questionário seguiu-se uma entrevista semi-estruturada cujos objetivos eram discutir com os professores algumas das idéias expressas no questionário escrito e discutir situações de ensino que favorecessem a identificação de aspectos relevantes de seus conhecimentos curricular e pedagógico do conteúdo sobre modelos. Tal entrevista, assim como todas as outras que aconteceram ao longo do projeto, foram transcritas integralmente.

A decisão sobre quais aspectos dos diversos conhecimentos sobre modelos seriam enfatizados nas atividades do 'domínio externo' foi tomada a partir da análise dos dados iniciais e da consideração de aspectos importantes relativos ao ensino e à criação de modelos discutidos na literatura da área. Os principais aspectos focalizados foram: natureza e usos de modelos na vida cotidiana e em Ciências, uso de diferentes modos de representação na expressão de modelos, produção e uso de modelos de ensino bidimensionais, tridimensionais, pseudo-tridimensionais (computadorizados) no Ensino de Ciências, vantagens e limitações de cada tipo de modelo de ensino, uso de analogias como modelos de ensino, características do processo de criação de modelos, uso de atividades de criação de modelos no Ensino de Ciências. As atividades foram propostas de forma a favorecer a participação ativa dos professores. Além disso, o envolvimento em tais atividades buscou favorecer que os professores: tivessem acesso a materiais instrucionais pouco utilizados (por exemplo, recursos computacionais); discutissem aspectos de materiais instrucionais muito utilizados (como

---

<sup>2</sup> Apesar disso, as características desses professores são extremamente semelhantes às dos alunos no final do curso de Licenciatura em Química (com os quais tenho trabalhado ultimamente).

livros-texto); refletissem sobre suas experiências prévias e expectativas futuras com os colegas e com os pesquisadores participantes do projeto<sup>3</sup>. O tempo dedicado à realização das atividades foi de 15 horas, divididas em cinco encontros que aconteceram ao longo de seis semanas. Todos os encontros foram filmados em vídeo e transcritos.

Como parte deste curso de formação, os professores têm que conduzir uma pesquisa em uma de suas turmas e apresentar um relatório<sup>4</sup>. O acordo feito originalmente com os professores era de que suas pesquisas seriam relacionadas com algum aspecto discutido em nossos encontros (a ser definido por eles). Após a realização do último encontro, os professores tiveram duas semanas para elaborar seus projetos de pesquisa que foram discutidos individualmente visando a adequar as intenções dos professores às condições que eles declararam ter para a realização dos mesmos (número de aulas, recursos disponíveis na escola, etc). Durante essa discussão – entrevista 2 – os professores foram questionados também a respeito do tema escolhido, com o objetivo de identificar e caracterizar possíveis influências do ‘domínio externo’ em seus ‘domínios pessoais’. Nessa pesquisa foram consideradas como ‘domínio da prática’ as situações de ensino que ocorreram durante a realização do projeto de pesquisa dos professores. Tais situações foram registradas em vídeo para favorecer a análise futura das mesmas também pelos próprios professores. Além disso, o relatório dos professores foi também utilizado para caracterizar o ‘domínio da prática’.

Ao final do processo, cada professor foi entrevistado novamente. Tal entrevista teve como objetivos discutir os principais aspectos expressos no relatório, assim como outros aspectos definidos como essenciais para a caracterização dos conhecimentos dos professores investigados nesta pesquisa. As análises das transcrições dessas entrevistas e da parte final do relatório dos professores (na qual eles fizeram uma reflexão crítica sobre o processo vivido) fundamentaram a caracterização do ‘domínio das conseqüências’.

A análise dos dados ocorreu em várias etapas. Inicialmente foram definidos, a partir de dados de uma pesquisa realizada com professores brasileiros (Justi & Gilbert, 2002a, 2002b, in press), os aspectos que seriam considerados na caracterização dos cada um dos conhecimentos dos professores aqui investigados. Tal sistema de categorias foi modificado posteriormente de forma a incluir outros aspectos relevantes discutidos nos encontros com os professores. Utilizando esse sistema de categorias, todos os dados de cada um dos professores (questionário, entrevistas, registros escritos das atividades realizadas nos encontros, participações nas discussões ocorridas em todos os encontros, projeto de pesquisa, dados de observação das aulas dos professores e relatório de pesquisa) foram analisados.

Numa segunda etapa, os dados foram reorganizados visando a caracterizar os conhecimentos expressos por cada um dos professores em cada um dos domínios. A partir daí foi possível identificar e caracterizar as relações existentes entre os domínios para cada professor.

Finalmente, a análise das relações e dos movimentos definidos pelas mesmas no desenvolvimento profissional de cada professor irão fundamentar a proposição das diretrizes que poderão nortear educadores interessados em conduzir futuras ações na área<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> Além de mim, que realizei todas as ações junto aos professores, também participou o professor Jan van Driel, da Universidade de Leiden.

<sup>4</sup> Para a realização de tal atividade são atribuídas 300 horas/aula do curso.

<sup>5</sup> Tal etapa, assim como o término da análise dos dados de todos os professores, será completada após a elaboração deste trabalho (entre agosto e outubro de 2003).

## Resultados Ilustrativos

Os resultados apresentados neste artigo resultaram da análise dos dados de uma professora de Química que, no início do projeto, atuava como professora há um ano. Ela trabalha em uma escola pública holandesa e seus alunos (que têm 15-16 anos) estão em um nível de escolaridade correspondente ao primeiro ano do ensino médio brasileiro. A fim de favorecer um melhor entendimento da discussão desses resultados no limite de páginas possível para este artigo: (i) eles serão apresentados em termos das relações estabelecidas (numeradas como na Figura 2 e identificadas como R-Número) e apenas em relação aos principais aspectos que foram utilizados para caracterizar o conhecimento do conteúdo, o conhecimento curricular e o conhecimento pedagógico do conteúdo sobre modelos e criação de modelos; (ii) inicialmente será apresentado um breve resumo das principais atividades realizadas pelos professores nos encontros e do projeto de pesquisa desenvolvido por esta professora.

### *Alguns Aspectos Relevantes do Domínio Externo*

No primeiro encontro, idéias sobre natureza de um modelo, entidades que podem ser modeladas, usos de modelos e estabilidade dos mesmos ao longo do tempo foram discutidas com os professores a partir da apresentação de diversos exemplos e não-exemplos de modelos que eles foram solicitados a classificar como modelos (ou não), justificando suas idéias (Atividade 1). Os exemplos incluíam modelos de diferentes tipos de entidades expressos em diferentes modos de representação, além de modelos distintos para uma dada entidade.

No segundo encontro, idéias sobre modelos de ensino foram inicialmente discutidas a partir de uma atividade (2) em que os professores foram solicitados a analisar as vantagens e desvantagens da utilização de seis diferentes modelos de ensino bidimensionais sobre o processo de destilação encontrados em livros-texto (brasileiros, ingleses e holandeses, muitas vezes repetidos em livros de diferentes países). A partir da discussão geral foi possível discutir outros aspectos relevantes como, por exemplo, a influência de cores em modelos de ensino, a importância de esclarecer para os alunos a existência de relações analógicas (positivas e negativas) presentes em modelos de ensino, a importância de considerar os pré-requisitos necessários para a compreensão de um dado modelo de ensino, e como uma compreensão não adequada de modelos de ensino pode dificultar ou impedir a aprendizagem dos alunos. Ficou claro durante as discussões que os professores nunca haviam discutido esses aspectos anteriormente.

A fim de favorecer o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo e do conhecimento pedagógico do conteúdo sobre criação de modelos, os professores foram envolvidos em uma atividade (3) na qual eles tiveram que criar um modelo para um fenômeno cotidiano (como funciona a cola). Tal fenômeno foi escolhido porque um dos objetivos da atividade era fazer com que os professores sentissem dificuldades semelhantes às que sentem os alunos quando eles são solicitados a criar um modelo para algo que não conhecem. Eles foram solicitados a expressar os modelos no modo de representação que julgassem mais adequado e a explicarem as etapas que tinham seguido durante todo o processo.

### *Projeto de Pesquisa da Professora*

O principal objetivo de seu projeto era investigar quais aspectos os alunos demonstravam entender sobre a natureza e o uso de modelos e do processo de criação de modelos ao serem solicitados a planejar, construir e avaliar modelos concretos para temas químicos. Na primeira aula, questões gerais em relação a modelos, Química e uso de modelos para tornar a Química menos abstrata foram discutidas a partir das respostas dos alunos a

algumas questões. A seguir os alunos foram solicitados a escolher um tópico de Química (a partir de uma lista de tópicos que haviam sido estudados no ano anterior elaborada pela professora). A tarefa dos alunos foi definida como ‘construir um modelo concreto que pudesse ser usado para explicar o tópico em questão para uma pessoa leiga’. O modelo deveria favorecer também a explicação das diferenças entre modelo e realidade para essa pessoa. Durante as próximas três aulas os alunos estiveram envolvidos com a construção de seus modelos e com a elaboração de um relatório no qual eles deveriam discutir sobre a aplicabilidade e as limitações do modelo proposto e sobre a visão que eles tiveram do processo de criação de modelos. A professora não definiu que etapas eles deveriam seguir no processo de criação de modelos. O projeto foi encerrado com um workshop no qual os alunos foram solicitados a examinar três modelos produzidos por outros grupos em termos de suas aplicabilidades e limitações.

### *Conhecimento de Conteúdo*

A análise dos dados iniciais da professora evidenciou que sua idéia de ‘modelo’ era bastante ampla (de fato, a mais completa entre todos os professores). Para ela, um modelo era uma representação parcial da realidade (em geral), de processos e de idéias usado para visualização, explicação, elaboração de previsões e de novas idéias. Além disso, ela afirmou que modelos podem ser modificados e que não existe um modelo único para uma dada entidade modelada. Tais idéias fundamentaram suas respostas à Atividade 1 do ‘domínio externo’, assim como sua participação nas discussões que se seguiram (R-1). Tais idéias também fundamentaram a proposição de seu projeto de pesquisa (R-4). Além disso, a maneira como o projeto foi proposto para os alunos – envolvendo não só a construção de um modelo concreto para objetos ou processos nos níveis macro e micro, mas também a necessidade de refletir sobre seu próprio modelo e sobre modelos elaborados pelos colegas – possibilitava que seus alunos desenvolvessem uma visão bem ampla sobre modelos e sobre o processo de criação de modelos. Na entrevista final, todas as suas idéias sobre modelos foram reafirmadas, mas algumas as foram de maneira muito mais elaborada do que haviam sido no início do projeto (R-8).

Em relação aos fatores que influenciam no processo de criação de modelos, inicialmente ela explicitou somente fatores intelectuais da pessoa que participa do processo (por exemplo, capacidade de estabelecer relações, conhecimentos prévios, criatividade). Foram estas as idéias que ela expressou na Atividade 3 (R-1). Após a condução de seu projeto, em seu relatório de pesquisa, ela discutiu com muito mais clareza como tais características pessoais influenciavam no processo, ilustrando suas idéias com pontos percebidos e comentados por seus alunos (R-6). Na entrevista final, ela discutiu pela primeira vez como o processo de criação de modelos depende também dos objetivos definidos para o modelo e da natureza das entidades que são modeladas. Tais aspectos tornaram-se evidentes quando a professora refletiu sobre seu próprio projeto de pesquisa e sobre novas situações de ensino que lhe foram apresentadas na entrevista (R-8).

### *Conhecimento Curricular*

Um dos aspectos definidos como característicos do conhecimento curricular foi ‘quais seriam os objetivos do professor ao introduzir atividades de criação de modelos no ensino’. Inicialmente, a professora havia reconhecido como tais objetivos ajudar os alunos a aprender sobre o modelo curricular, a natureza de modelos e aspectos da natureza da Ciência. Depois de ter vivenciado a experiência de produzir um modelo (Atividade 3), ela enfatizou suas idéias iniciais, mas acrescentando alguns novos argumentos derivados da comparação desta sua experiência com outras que ela havia proposto para seus alunos (R-2). Tais idéias também

a motivaram a elaborar seu projeto de pesquisa (R-3 e R-4). Por outro lado, a condução de seu projeto de pesquisa lhe trouxe muitas evidências de que a introdução de tais atividades no ensino realmente favoreciam o aprendizado de vários aspectos. Ao discutir este ponto, ela (i) estabeleceu algumas relações entre a experiência de seus alunos e suas experiências prévias (enquanto aluna do curso de Química) em relação a oportunidades de discutir modelos produzidos por alunos (R-5) e (ii) começou a pensar sobre outros aspectos que poderiam ser aprendidos pelos alunos em atividades semelhantes (principalmente o relacionamento de modelos com a condução de trabalhos experimentais e a elaboração de previsões a partir de modelos) (R-8).

### *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*

Apesar de seu projeto de pesquisa ter focalizado o processo de criação de modelos, seu conhecimento em relação à utilização de modelos de ensino também se desenvolveu. Inicialmente ela havia dito que tais modelos deveriam ser usados quando o tópico a ser ensinado fosse de difícil compreensão pelos alunos e pudesse ser visualizado através deles. Durante a discussão que se seguiu à realização da Atividade 2, ela expressou muitas novas idéias sobre a produção e elaboração de modelos de ensino, com ênfase especial na importância da discussão tanto dos códigos de representação utilizados e da abrangência e limitações dos diversos tipos de modelos de ensino (R-2). Durante a segunda entrevista, ela comentou sobre como a aprendizagem desses aspectos estava influenciando sua prática docente diária: *“Eu estou muito mais crítica em relação a modelos agora! No livro-texto, eu tenho perguntado aos alunos sobre as figuras ou sobre outros modelos que aparecem e eu nunca havia feito isto antes. Agora eu estou mais preocupada com o que eles vêem, com o que eles pensam sobre um modelo a partir de uma figura.”* (R-3) Na entrevista final, ao comentar sobre as situações em que ela vinha usando modelos de ensino, ela enfatizou como a resposta que estava tendo dos alunos tinha reforçado pontos em que ela havia começado a pensar em nossas discussões (como a importância de discutir o significado de cores presentes em modelos de ensino e as limitações dos mesmos) (R-6). Ainda refletindo sobre tais situações de ensino, ela começou a pensar em como poderia usar modelos de ensino para elucidar e discutir as idéias de seus alunos: *“Eu poderia perguntar mais sobre os modelos, os que aparecem no livro e os que eu produzo. É claro que eu não vou ficar discutindo todos os detalhes de todos os modelos, mas posso perguntar coisas do tipo: O que vocês acham que está representado aqui? O que eu estou tentando explicar para vocês? Como vocês representariam isto?”* (R-8).

O conhecimento da professora em relação a como conduzir atividades de criação de modelos desenvolveu-se não só em termos de acrescentar argumentos para justificar suas crenças iniciais, mas também em termos da elaboração de novas propostas. Inicialmente, a professora acreditava que os alunos deveriam explicar seus modelos e que a abrangência e as limitações dos mesmos deveriam ser discutidas. Por acreditar que alunos podem aprender muito mais quando têm oportunidade de estabelecer suas próprias relações, ela planejou seu projeto de forma que as discussões relativas à abrangência e limitações dos modelos ocorressem entre os próprios alunos (R-4). Por outro lado, ao refletir sobre como atividades similares poderiam ser introduzidas para favorecer a aprendizagem de outros aspectos que ela percebia como importantes após a realização de seu projeto (como, o relacionamento de modelos com a condução de trabalhos experimentais e a elaboração de previsões a partir de modelos), ela começou a planejar como seriam as discussões para que os alunos aprendessem não só a partir da discussão e utilização de seus próprios modelos, mas também do confronto desses modelos com situações práticas que fornecessem evidências de que os mesmos poderiam ser modificados (como, por exemplo, solicitar que seus alunos elaborassem um

modelo para a ocorrência de uma reação química e, após eles realizarem experimentos envolvendo reações em equilíbrio, solicitar que eles repensassem o modelo original) (R-7).

### Discutindo o modelo utilizado

Analisando-se quais foram as relações envolvidas no desenvolvimento dos diversos aspectos dos três tipos de conhecimento desta professora, emerge um quadro bastante interessante no sentido de discutir a utilização do Modelo de Crescimento Profissional (como proposto na Figura 2) na caracterização desse processo.

A conclusão mais imediata é a de que o conjunto de relações que caracteriza o crescimento profissional para cada um dos aspectos analisados não se repete. Em outras palavras, cada aspecto dos diferentes conhecimentos modifica-se sob a influência de domínios variados e de relações de natureza distinta. É possível perceber que, em um caso, o ‘domínio pessoal’ inicial da professora modificou-se pouco ao longo do processo e que ele foi determinante em suas ações. Isso aconteceu em relação ao conhecimento de conteúdo da própria idéia de modelo. Como tal conhecimento já era bastante abrangente no início, ele fundamentou algumas de suas ações (R-1 e R-4) e apenas foi ampliado em alguns pontos ao final do processo (R-8). Em outros casos, a influência do ‘domínio externo’ foi marcante. Um exemplo típico foi o que aconteceu com o aspecto ‘utilização de modelos de ensino’ do conhecimento pedagógico do conteúdo. Nesse caso, as atividades realizadas e as discussões ocorridas nos encontros (que versaram sobre tópicos praticamente desconhecidos para a professora) determinaram modificações no ‘domínio pessoal’ e fundamentaram ações no ‘domínio da prática’ (R-2 e R-3). Além disso, os resultados obtidos pela professora no ‘domínio da prática’ favoreceram sua reflexão e conseqüente ampliação do ‘domínio pessoal’ (R-6 e R-8). Estabeleceu-se assim um ciclo entre os quatro domínios que foi deflagrado pelo ‘domínio externo’ e completado a partir do que ocorreu no ‘domínio da prática’. Existem, ainda, casos em que os quatro domínios desencadearam relações significativas. Isso pode ser observado na discussão do aspecto ‘objetivos para introdução de atividades de criação de modelos’ no âmbito do conhecimento curricular. Nesse caso, as relações significativas originaram-se a partir do ‘domínio externo’ (R-2 e R-3), no qual ocorreram situações de aprendizagem significativa da professora; do ‘domínio pessoal’ (R-4), uma vez que algumas de suas idéias iniciais somaram-se àquelas que resultaram dessa aprendizagem para definirem as ações no ‘domínio da prática’; do ‘domínio da prática’ (R-5) e do ‘domínio das conseqüências’ (R-8).

Considerando-se a natureza das relações, observa-se também que os resultados não são homogêneos. Em alguns casos as relações são predominantemente de ‘execução’, como no desenvolvimento do conhecimento de conteúdo da idéia de modelo (R-1 e R-4) ou no conhecimento pedagógico de conteúdo sobre a condução de atividades de criação de modelos (R-4 e R-7 exclusivamente), enquanto em outros observa-se um predomínio das relações de ‘reflexão’, como no conhecimento de conteúdo dos fatores que influenciam no processo de criação de modelos (R-6 e R-8) ou no conhecimento pedagógico de conteúdo sobre utilização de modelos de ensino (R-2, R-6 e R-8). Nesses casos, parece que a natureza da relação predominante foi definida principalmente pela existência de amplos conhecimentos prévios sobre os temas. Um outro fator a ser considerado é o interesse da professora em realmente tentar melhorar sua formação profissional com a participação neste projeto. Isso se manifestou na ampla exposição de suas idéias em todas as momentos em que isto foi possível e em suas tentativas freqüentes de esclarecer dúvidas, pensar em novos contextos e aplicar as novas idéias em sua prática pedagógica. A conjunção dessas circunstâncias com o fato de o tema fundamentar seu projeto de pesquisa tende a explicar casos – como o do conhecimento curricular sobre objetivos para a introdução de atividades de criação de modelos no ensino –

em que relações tanto de reflexão (R-2, R-5 e R-8) quanto de execução (R-3 e R-4) permearam de forma similar o seu desenvolvimento.

A consideração de particularidades como as comentadas acima, assim como de outras possíveis de serem estabelecidas a partir do Modelo de Crescimento Profissional<sup>6</sup>, para um número maior de professores pode auxiliar educadores envolvidos com a formação de professores de Ciências a definirem fatores como aspectos do conhecimento, ênfases específicas e tipos de atividades que possam fundamentar suas ações voltadas para o desenvolvimento dos conhecimentos de professores de Ciências. Assim, a conclusão deste projeto de pesquisa, como comentado anteriormente, envolverá a análise do estudo de caso desta professora juntamente com o de seus colegas que participaram do projeto (estudos estes que caracterizarão situações bem diferenciadas) visando à definição de diretrizes neste sentido.

De qualquer forma, a análise do estudo de caso aqui apresentado aponta para a importância de se utilizar um modelo estruturado, envolvendo domínios diferenciados e relevantes da prática docente e que possibilita a representação de relações dinâmicas e de naturezas distintas entre aspectos variados de tais domínios no estudo do desenvolvimento profissional de professores.

### Referências Bibliográficas

CLARKE, D. and HOLLINGSWORTH, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18, 947-967.

COSGROVE, M. and SCHAUVERIEN, L. (1997). Models of Science Education. In J. GILBERT (Ed.), *Exploring Models and Modelling in Science and Technology Education: Contributions from the MISTRE Group*. Reading, UK: Faculty of Education and Community Studies, The University of Reading.

De JONG, O. and Van DRIEL, J. (2001). Developing Preservice Teachers' Content Knowledge and PCK of Models and Modelling, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, St. Louis, Missouri, 25-28 March.

DUIT, R. and GLYNN, S. (1996). Mental Modelling. In G. WELFORD, J. OSBORNE and P. SCOTT (Eds.), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes*. London: Falmer.

ERDURAN, S. (2001). Philosophy of Chemistry: An Emergent Field with Implications for Chemistry Education. *Science & Education*, 10, 581-593.

GILBERT, J. (1997). Models in Science and Science Education. In J. GILBERT (Ed.), *Exploring Models and Modelling in Science and Technology Education: Contributions from the MISTRE Group*. Reading: Faculty of Education and Community Studies, The University of Reading.

GILBERT, J. and BOULTER, C. (1995). Stretching models too far, Paper presented at the Annual Conference of the American Educational research Association, San Francisco, 18-22 April.

---

<sup>6</sup> Não comentadas neste artigo devido à limitação da extensão do mesmo.

- GILBERT, J. and BOULTER, C. (1997). Learning Science Through Models and Modelling. In B. FRASER and K. TOBIN (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Part 1. Dordrecht: Kluwer.
- GILBERT, J., BOULTER, C. and RUTHERFORD, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20, 83-97.
- GRECA, I.M. and MOREIRA, M.A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.
- HARRISON, A.G. and TREAGUST, D.F. (2000). A Typology of School Science Models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011-1026.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14, 541-562.
- JUSTI, R. and GILBERT, J. (2002a). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24, 369-387.
- JUSTI, R. and GILBERT, J. (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273-1292.
- JUSTI, R. and GILBERT, J. (2003). Investigating teachers' ideas about models and modelling – Some issues of authenticity. Paper presented at the Fourth International Conference of the European Science Education Research Association, Noordwijkerhout, The Netherlands, 19-23 August.
- JUSTI, R. and GILBERT, J. (in press). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*.
- SHULMAN, L.S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- SHULMAN, L.S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- SPITULNIK, M.W. and KRAJCIK, J. (1998). Construction of Models to Promote Scientific Understanding, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Education, San Diego, 19-22 April.
- Van DRIEL, J.H., De JONG, O. and VERLOOP, N. (2002). The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Science Education*, 86, 572-590.

### **Agradecimento**

À CAPES, pela bolsa de pós-doutoramento que tem possibilitado a realização deste projeto de pesquisa.