



ASPECTOS DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DURANTE A ABORDAGEM DE MODELOS CIENTÍFICOS POR PROFESSORES DE QUÍMICA

ASPECTS OF PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE DURING CHEMISTRY TEACHERS' APPROACHES TOWARDS SCIENTIFIC MODELS

Paola Corio¹
Carmen Fernandez¹

¹Universidade de São Paulo/ Instituto de Química – SP
paola@iq.usp.br
carmen@iq.usp.br

Resumo

O ensino e a aprendizagem de modelos constituem parte importante das atividades de professores de ciências. Neste trabalho, investigou-se o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de doze professores de química do ensino médio a respeito do tema “modelos em química”, em dois momentos: antes e depois de atividades de discussão em grupo a respeito de suas práticas pedagógicas. Os diferentes aspectos do PCK foram classificados conforme categorias propostas por Henze *et al.* (2008), referentes a: estratégias de ensino; compreensão dos alunos; e objetivos do ensino. Observou-se que mudanças nas concepções de ensino-aprendizagem dos professores (de “centrada no professor” para “centrada no estudante”) foram acompanhadas por mudanças no PCK (de “orientado ao conteúdo” para “orientado ao conteúdo e à construção do conhecimento”).

Palavras-chave: modelos científicos, ensino de química, formação de professores de Química; concepções de ensino-aprendizagem.

Abstract

Teaching and learning about models is an important part of science classroom activities. In this paper, the pedagogical content knowledge (PCK) of twelve high-school chemistry teachers about “models in chemistry” is investigated in two moments: before and after group discussions on their pedagogical practices. Different aspects of their PCK were categorized according to an instrument proposed by Henze *et al.* (2008), considering: teaching strategies; students’ understanding; and learning goals. Results showed that changes in teachers’ conceptions about teaching and learning (from “teacher-centered” to “student-centered”) were related with changes in their PCK (from “content-oriented” to “content and knowledge-building oriented”).

Keywords: scientific models, chemical education, chemistry teacher education programs, teaching-learning conceptions.

INTRODUÇÃO

Conceitos em química são muitas vezes explicados através do uso de modelos, os quais descrevem os aspectos microscópicos da matéria e os relacionam às suas propriedades macroscópicas. Modelos são temas centrais no ensino de ciências, e os usos que professores fazem deles desempenham papel fundamental na compreensão dos estudantes sobre a natureza da ciência e do conhecimento científico (Justi & Gilbert 2002; Henze *et al.* 2007). Diferentes significados podem ser atribuídos ao conceito de “modelos”. Uma possível definição para um modelo em ciência seria “uma representação parcial de um alvo, focando em alguns aspectos específicos, e deliberadamente excluindo outros aspectos” (Ingham & Gilbert, 1991). A abordagem conferida pelos professores aos modelos pode ser relacionada aos principais objetivos propostos para o ensino de ciências (Hodson, 1992), os quais podem ser descritos como: aprender ciência (compreender e aplicar os modelos científicos), aprender a fazer ciência (aprender a produzir e avaliar modelos) e, finalmente, aprender sobre a ciência (aprender sobre o papel e a natureza dos modelos científicos). O ensino deve, portanto contemplar de maneira conjunta esses aspectos, de maneira a ser consistente com a natureza da ciência.

Neste trabalho, investigamos os usos e abordagens do tópico “modelos” no ensino de ciências nas práticas e em textos reflexivos elaborados por doze professores de Química em exercício no Ensino Médio. Nossa questão de pesquisa recai em qual o conhecimento pedagógico de conteúdo que os professores investigados apresentam sobre o tópico modelos e como ocorre sua evolução.

Nessa análise, foram considerados dois momentos. Inicialmente, investigamos aspectos da prática do professor, de maneira a caracterizar os perfis relacionados ao conteúdo e organização do seu PCK sobre “modelos científicos”. Em seguida, analisamos as propostas contidas nos replanejamentos propostos pelos professores para suas práticas na tentativa de buscar informações que revelem tendências sobre como se processa a evolução do PCK desses professores. Nesse contexto, foram analisados os seguintes domínios: estratégias de ensino; compreensão dos alunos; e objetivos do ensino.

METODOLOGIA

Este trabalho envolveu doze professores de Química em exercício no Ensino Médio em escolas públicas e particulares. Esses professores participaram da disciplina “Concepções de Ensino-Aprendizagem na Teoria e na Prática de Professores de Química”, nos anos de 2006 e 2007, no âmbito do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo. Durante a disciplina, os professores executam suas aulas, avaliam e discutem os resultados obtidos, e finalmente reformulam seus planejamentos para próximas aulas. A avaliação e a discussão feita pelos professores seguem o ciclo de reflexão proposto por Smyth (1986, 1987), no qual constam quatro ações que se desenvolvem em sequência conforme apresentado de maneira esquemática na Figura 1.

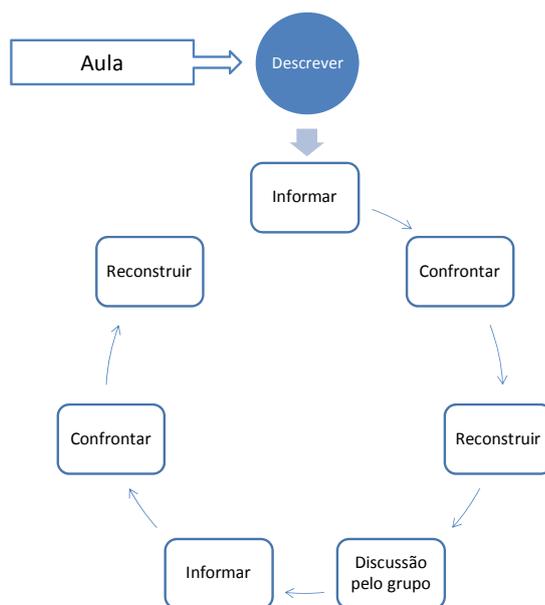


Figura 1. Representação esquemática do ciclo de reflexão de Smyth.

Os professores participantes da disciplina gravaram suas próprias aulas, e esses vídeos foram analisados individualmente e por um colega. Durante esse processo, textos das reflexões referentes às quatro ações (**descrever**, **informar**, **confrontar** e **reconstruir**) foram produzidos pelos professores a partir de sua própria aula e da aula de um colega. Depois, o vídeo da aula de cada professor foi apresentado ao grupo, com as análises produzidas pelo próprio professor e a do seu par. O grupo então opinava sobre a aula e sobre as análises feitas. Nessas análises a intenção da disciplina era a de estimular nos professores uma comparação entre suas ações reais em sala de aula como professor, suas percepções dessas ações e suas intenções. Depois do processo da discussão no grupo ocorrer para todos os professores, cada um deles reelaborava o relatório de reflexão da sua própria aula. A intenção aqui era ver se o grupo poderia servir como um facilitador da percepção das reais ações de cada professor em sala de aula e promover uma mudança no replanejamento das aulas desses alunos-professores.

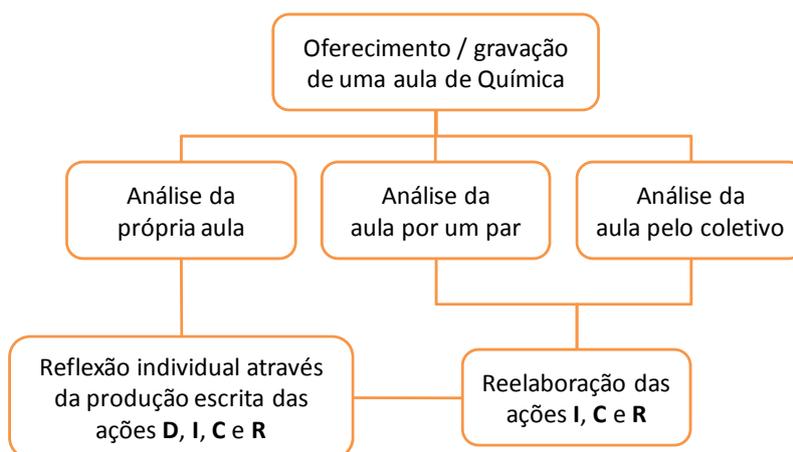


Figura 2. Esquema das etapas envolvidas para produção textual das quatro ações.

As ações **descrever** (do início do ciclo) e **reconstruir** (do final do ciclo), cujas produções escritas foram consideradas neste trabalho são detalhadas a seguir.

Ação Descrever (D)

Nessa ação, o professor descreve sua prática em sala de aula. A análise dessa ação revela diferentes aspectos relacionados à prática de cada professor, como aspectos metodológicos, aspectos de conteúdo, estratégias de ensino utilizadas, conteúdos selecionados, papel do professor, papel do aluno, objetivos das atividades, etc. Os professores descrevem também, em alguns casos, as dificuldades dos alunos na aprendizagem dos conteúdos abordados e apresentam as sequências de ensino que caracterizam o comportamento de cada professor em sua relação com os estudantes.

Durante o curso, os professores têm a oportunidade de executar suas aulas, analisá-las (de maneira individual e em grupos), avaliar os resultados de suas aulas e finalmente propor um replanejamento reformulando as suas intenções e procedimentos para as próximas aulas. Tal replanejamento é relatado na ação reconstruir.

Ação Reconstruir (R)

Nessa ação, o professor propõe uma reorganização das suas ações em sala de aula, como resultado do processo de reflexão realizado e como resultado também dos novos entendimentos feitos por esses professores em relação à concretização de ações baseadas nas teorias de ensino-aprendizagem almejadas por eles.

Ainda que as aulas analisadas neste trabalho versem sobre diferentes conteúdos de química (os quais incluem os tópicos reações químicas, ácidos e bases, processos de oxido-redução, soluções, substâncias químicas, estados físicos da matéria, mudanças de estado, entre outros), em sua maioria os professores fazem uso de modelos científicos. Esse aspecto pode, portanto, ser considerado comum às práticas observadas, permitindo dessa maneira a análise comparativa de aspectos relacionados ao PCK desses professores sobre o tema “modelos em química”. Os temas das aulas analisadas são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Temas das aulas analisadas para os doze professores investigados.

Professor	Tema da aula
P1	Números de oxidação
P2	Diluição e mistura de soluções
P3	Estados físicos da matéria
P4	Estados físicos da matéria
P5	Indicadores ácido-base e substâncias ácidas e básicas do cotidiano
P6	Nomenclatura de óxidos
P7	Indicadores ácido-base
P8	Substâncias químicas
P9	Reações químicas de neutralização
P10	Reações químicas
P11	Determinação do teor de álcool em gasolina
P12	Identificação de substâncias

A respeito dos usos e abordagens do tópico “modelos” no ensino de ciências, foram propostos códigos para os diferentes aspectos do PCK de professores sobre esse tema, conforme proposto por Henze *et al.* (2008) e apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Códigos associados às diversas dimensões do PCK de professores sobre o tópico “modelos científicos” (Henze *et al.*, 2008).

Elementos do PCK	Códigos	
Conhecimento sobre estratégias de ensino	<p>Domínio A: Como abordar os conteúdos dos modelos. Aplicar um modelo.</p> <p>Domínio B: Como estimular a produção de modelos por parte dos alunos.</p> <p>Domínio C: Como fazer com que os alunos reflitam sobre a natureza dos modelos.</p>	
Conhecimento sobre a compreensão dos alunos	<p>Domínio A: Compreensão dos alunos sobre os conteúdos dos modelos.</p> <p>Domínio B: Compreensão sobre a habilidade dos alunos na proposição de modelos.</p> <p>Domínio C: Compreensão dos alunos sobre a natureza dos modelos.</p>	
Conhecimento sobre os objetivos do ensino do conteúdo	Abordagem	<p>Positivista: modelos são cópias da realidade.</p> <p>Relativista: modelos são uma maneira de se interpretar a realidade.</p> <p>Instrumentalista: modelos “funcionam”.</p>
	Objetivos de se usar modelos em ciência	<p>visualizar e descrever fenômenos;</p> <p>explicar fenômenos;</p> <p>obter informações sobre fenômenos que não podem ser observados diretamente;</p> <p>derivar hipóteses que possam ser testadas;</p> <p>elaborar previsões.</p>

RESULTADOS

As abordagens conferidas aos “modelos científicos” pelos professores investigados em suas aulas e nos textos por eles elaborados foram analisadas e classificadas através dos códigos descritos na tabela 2. Nessa análise, consideramos inicialmente aspectos da prática do professor (conforme descrito nas ações **descrever**), de maneira a caracterizar os perfis relacionados ao conteúdo e organização do seu PCK sobre o tópico selecionado, bem como as propostas contidas nas ações **reconstruir** elaboradas ao final da disciplina. Buscamos assim revelar tendências sobre como se processa a evolução do PCK dos professores, resultantes dos processos de reflexão. Os resultados obtidos são apresentados de maneira resumida na tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Classificação dos aspectos relacionados ao conhecimento das estratégias de ensino, conhecimento sobre a compreensão dos alunos e os objetivos do ensino dos conteúdos específicos identificados nas ações elaboradas pelos professores antes e após a discussão pelo grupo.

	Caracterização Inicial (ação D)				Movimentação refletida na ação R			
	Estratégias de ensino	Compreensão dos alunos	Objetivos do ensino do conteúdo		Estratégias de ensino	Compreensão dos alunos	Objetivos do ensino do conteúdo	
P1	Domínio A	Domínio A	relativista instrumentalista	visualizar e descrever fenômenos; explicar fenômenos.	Domínio B	Domínios A e B	realista instrumentalista	visualizar e descrever fenômenos; explicar fenômenos; derivar hipóteses; elaborar previsões.
P2	Domínio A	Domínio A	relativista instrumentalista	visualizar e descrever fenômenos; explicar fenômenos.				
P3	Domínio A	Domínio A	relativista instrumentalista	visualizar e descrever fenômenos; explicar fenômenos.	Domínio B	Domínio B	positivista	visualizar e descrever fenômenos; explicar fenômenos; obter informações sobre fenômenos que não podem ser observados diretamente; derivar hipóteses; elaborar previsões.
P4	Domínio A	Domínio A	positivista	visualizar e descrever fenômenos; explicar fenômenos.	Domínio B			derivar hipóteses; elaborar previsões.

P5	Domínio A	Domínio A	instrumentalista	visualizar e descrever fenômenos.	Domínios A e B	Domínios A e B		obter informações sobre fenômenos que não podem ser observados diretamente; elaborar previsões.
P6	Domínio A	Domínio A	instrumentalista		Domínio A		instrumentalista	
P7	Domínio A	Domínio A	instrumentalista	visualizar e descrever fenômenos.	Domínio A	Domínio A	instrumentalista	visualizar e descrever fenômenos;
P8	Domínio A	Domínio A	positivista		Domínio A	Domínio A		
P9	Domínio A	Domínio A	positivista relativista instrumentalista		Domínio A	Domínio A	positivista relativista instrumentalista	
P10	Domínio A	Domínio A	positivista					
P11	Domínio A	Domínio A	instrumentalista	visualizar e descrever fenômenos.	Domínios A e B	Domínios A e B	relativista	derivar hipóteses; elaborar previsões.
P12	Domínio A	Domínio A	positivista	descrever fenômenos; explicar fenômenos.				

Domínio A ⇒ Conteúdo do modelo, aplicação o modelo; Domínio B ⇒ Estímulo da produção de modelos por parte dos alunos.

não há dados

É importante enfatizar que a classificação acima foi proposta a partir da avaliação das atividades elaboradas e conduzidas pelos professores a partir de uma leitura global de cada aula oferecida, ou seja, cada ação dos professores foi interpretada considerando-se o contexto de cada uma das aulas. Ainda assim, é possível apresentar alguns exemplos das falas dos professores que auxiliaram e direcionaram a categorização proposta.

A seguinte fala reflete a atuação do professor no **Domínio A - Aprender ciência:** compreender e aplicar modelos.

“Através de esquemas na lousa, sobre mudanças de estados físicos da matéria, a professora apontava um tipo de mudança de estado e pedia para que os alunos dissessem o nome da mudança.”

P3, ação D

Os exemplos a seguir sugerem atuação do professor no **Domínio B - Aprender a fazer ciência:** aprender a produzir e avaliar modelos. Nesse domínio, estudantes poderiam ser incentivados a propor e elaborar seus próprios modelos, conforme ilustram as situações abaixo:

“Mediante as hipóteses dos alunos, eu me encarregaria de elaborar algumas perguntas/criar situações nas quais aqueles modelos (propostos por eles) não se encaixassem, levando os alunos assim a elaborar um novo (modelo) ou melhorar o que já havia sido proposto.”

P1, ação R

“Começo a aula pedindo para que os alunos se dividam em grupos... com o intuito de discutir e desenhar três modelos que representem moléculas de água no estado sólido, líquido e gasoso.”

P3, ação R

A passagem a seguir revela o uso de modelos pelo professor com o objetivo de visualizar e descrever fenômenos:

“Após explicar todas as mudanças de estados físicos da matéria, a professora... deu exemplos relacionados ao cotidiano: roupa secando no varal, água durante a fervura.”

P3, ação D

Uma visão positivista sobre o uso de modelos pode ser ilustrada pelas falas que se seguem:

“... devolvo a eles o desenho da representação das moléculas no estado sólido, para que eles possam analisar e refazer a representação, para que chegue o mais próximo possível do real.”

P3, ação R

“... outra forma de classificar as substâncias é quanto à classificação microscópica, ou seja, a nível de partículas. Assim uma substância é sólida quando estão juntas... Uma substância é líquida quando as partículas apresentam certo movimento e não estão tão próximas... E uma substância é gasosa quando as partículas estão desordenadas...”

P4, ação D

Modelos são também usados com o objetivo de elaborar previsões a respeito do comportamento da matéria, conforme o exemplo a seguir:

“... O que você pode concluir sobre o comportamento de substâncias diferentes quando submetidas à mesma intensidade de aquecimento?”

P3, ação R_d

A análise dos dados apresentados na Tabela 3 revela alguns pontos de interesse. Torna-se evidente que as características que descrevem as práticas dos professores em relação às estratégias de ensino e ao conhecimento de aspectos relacionados ao aprendizado dos alunos considerando-se o tema “modelos científicos” são concentradas no Domínio A, ou seja, predomina uma orientação para o ensino da química como um conjunto de conhecimentos estabelecidos. Assim, a prática dos professores analisados pode ser descrita como tendo o seu foco principal no aspecto “aprender ciência”, compreendido como entender e ser capaz de aplicar os modelos científicos. Práticas que valorizam aspectos relacionados à compreensão das maneiras pelas quais o conhecimento científico é construído (Domínio B) ou ainda aspectos relacionados à natureza da ciência (Domínio C) não foram identificadas entre os professores investigados. Os professores poderiam atuar no Domínio B incentivando alunos a propor modelos para fenômenos observáveis, ou ainda no Domínio C (Aprender sobre a ciência - aprender sobre o papel e a natureza dos modelos científicos, seu caráter hipotético e sua evolução) propondo atividades nas quais estudantes poderiam comparar e discutir as funções, características e limitações de diversos modelos distintos, os quais podem ser aplicados a um mesmo determinado fenômeno. Prevalcem, portanto, as práticas nas quais modelos científicos são apresentados aos estudantes como objetos, fatos estáticos, ou versões finais do conhecimento sobre a estrutura e as transformações da matéria. Essa mesma abordagem é também característica de grande parte dos livros didáticos de química para o ensino médio (Erduran, 2001).

Tal aspecto pode ser considerado bastante consistente com o modelo tradicional de ensino aprendizagem baseado na vertente comportamentalista que caracteriza a prática dos professores investigados. Nessa abordagem, cabe ao professor a transmissão dos conteúdos científicos, sendo que não é condizente com a prática dos professores que atuam nessa vertente atividades que proponham aos estudantes o papel ativo em construir, testar, avaliar, re-elaborar e explorar os limites de validade de seus próprios modelos como parte do processo de aprendizagem da química.

Quanto aos objetivos do ensino do tópico “modelos em química”, uma tendência mais distribuída é observada. As abordagens positivistas, relativistas e instrumentalistas foram reveladas pela análise das práticas dos professores. Em alguns casos, observamos a coexistência dessas distintas abordagens. Prevalece, ainda que de maneira não acentuada, a abordagem instrumentalista (identificada em oito professores, em comparação com quatro ocorrências da abordagem relativista e cinco da abordagem positivista).

Quanto aos objetivos do uso dos modelos no ensino de química, predomina na prática dos professores as funções de visualizar, descrever e explicar fenômenos relacionados ao comportamento da matéria. Não observamos de maneira significativa o uso mais amplo de modelos para obter informações sobre fenômenos que não podem ser observados diretamente, derivar hipóteses que possam ser testadas, ou ainda elaborar previsões.

A partir dos dados apresentados na tabela 3, e considerando-se os resultados obtidos nas análises das ações R_d , desenvolvimentos do PCK qualitativamente semelhantes podem ser observados para os diferentes professores, conforme discussão a seguir.

A respeito dos aspectos relacionados às estratégias de ensino e à compreensão dos alunos na ação R_d , uma mudança de foco é evidente entre os Domínios A e B. Observamos a presença do Domínio B expressa nos planos de aulas de cinco dos nove professores analisados nesse segundo momento. Na reconstrução das aulas, os professores elaboram estratégias de ensino que visam abordar os modelos como construções (em oposição a fatos). Tal tendência é consistente com um movimento em direção a práticas mais relacionadas à vertente cognitivista, conforme revelado nas análises precedentes. Ou seja, a partir de uma abordagem cognitivista de ensino-aprendizagem, modelos podem ser usados como instrumentos cognitivos para promover a aprendizagem dos estudantes, em oposição à

abordagem na qual o professor apresenta aos alunos as respostas. Portanto, a ampliação do modelo didático que caracteriza a prática dos professores é associada a uma ampliação também nos objetivos do ensino da química, que passa a contemplar aspectos relacionados à sua natureza e construção. Ainda assim, mesmo nesse segundo momento, não observamos professores atuando no Domínio C.

As abordagens positivistas, relativistas e instrumentalistas continuam a coexistir, prevalecendo ainda uma abordagem instrumentalista (identificada em quatro professores, em comparação com três ocorrências da abordagem relativista e quatro da abordagem positivista). Dessa maneira, consideramos não haver variações significativas quanto a esse aspecto.

Quanto aos objetivos para o uso dos modelos, observamos uma ampliação nas funções a eles atribuídas. Modelos passam a ser usados pelos professores não apenas para visualizar, descrever e explicar fenômenos relacionados ao comportamento da matéria, mas também para obter informações sobre fenômenos que não podem ser observados diretamente, derivar hipóteses a serem testadas, ou ainda elaborar previsões, conforme identificado em seis dos planos de aulas analisados.

CONCLUSÕES

Conforme apresentado, a análise sistemática dos dados obtidos através da análise de doze aulas sugere que dois “tipos” de PCK a respeito do uso de modelos em química emergem. Podemos dizer que o PCK “inicial” dos professores em relação ao tema “modelos científicos”, conforme revelado pela análise das suas práticas, pode ser descrito como “orientado ao conteúdo”. A análise dos planos de aula elaborados ao final da disciplina revela um aprimoramento que pode ser descrito como uma movimentação na direção “orientado ao conteúdo e à construção do conhecimento”, no qual valoriza-se o aspecto da ciência como método de geração e validação de conhecimento. Tais “tipos” ou “padrões” de PCK foram já propostos na literatura, tendo sido identificados considerando-se o ensino de aspectos relacionados a Modelos do Sistema Solar e Astronomia (Henze *et al.*, 2008).

Finalmente, observa-se que a evolução do PCK dos professores (inicialmente “orientado ao conteúdo” para “orientado ao conteúdo e à construção do conhecimento”) é acompanhada por uma mudança nas suas concepções de ensino aprendizagem (inicialmente comportamentalistas para cognitivistas). Observa-se assim a importância da relação entre a orientação sobre as vertentes psicológicas de ensino-aprendizagem e o PCK dos professores. Uma mudança de foco entre “centrado no professor” para “centrado no estudante” é acompanhado por uma movimentação no sentido “orientado ao conteúdo” para “orientado ao conteúdo e à construção do conhecimento”. O desenvolvimento do PCK dos professores observado nesse caso pode assim ser relacionado ao seu processo de reflexão que resulta em uma evolução do conhecimento pedagógico do professor (refletida no estabelecimento de relações entre teorias e prática) e alterações nas suas concepções sobre ensino-aprendizagem (e não a mudanças no seu conhecimento específico do conteúdo em questão).

REFERÊNCIAS

- Erduran, S. (2001). Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, 10, 581–593.
- Henze, I.; Van Driel, J. & Verloop, N. (2007) Science Teachers’ Knowledge about Teaching Models and Modelling in the Context of a New Syllabus on Public Understanding of Science. *Research in Science Education*, 37, 99–122.

- 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.
- Ingham, A. M. & Gilbert, J. K. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13, 193–202.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273–1292.
- Smyth, J. (1986). *Reflection in Action*. Victoria: Deakin University Press.
- _____ (1987). *A rationale for teachers' critical pedagogy: a handbook*. Victoria: Deakin University Press.