

Conhecimento pedagógico do conteúdo de “estrutura da matéria” de uma professora de química experiente em aulas de química geral

Pedagogical content knowledge of “structure of matter” of an experienced chemistry teacher within general chemistry course

Sérgio Henrique Leal¹ · Robson Macedo Novais² · Carmen Fernandez³

Resumo: Nesse trabalho investigamos o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de uma professora de Química experiente, do nível Superior de ensino, com histórico de bom desempenho. Um estudo de caso qualitativo foi desenvolvido a partir: do registro audiovisual de suas aulas, aplicação do instrumento Representação do Conteúdo (CoRe), realização de entrevistas semiestruturadas, e reflexão estimulada. Observamos que a professora consegue mobilizar, em sua prática, a maioria das categorias do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), adotando a “Didática” como orientação para o ensino de ciências e demonstrando grande preocupação com a transmissão dos fatos científicos. Apesar de suas aulas serem predominantemente expositivas e centradas na figura do professor, foi possível identificar momentos de abordagem interativa, na qual considera os diferentes pontos de vista dos alunos sobre o conteúdo ministrado. Finalmente, constatamos que a professora apresenta uma prática pedagógica refletida, sobretudo no que se refere às suas estratégias de ensino.

Palavras-chave: Ensino de química. Didática. Conhecimento pedagógico do conteúdo. Ensino Superior.

Abstract: In this paper we investigate the Pedagogical Content Knowledge (PCK) of an experienced teacher of Chemistry higher level of education with a history of good performance. A qualitative case study was developed from the audiovisual record of their lessons, instrument application of Content Representation (CoRe), semi-structured interviews and stimulated reflection. We note that the teacher can mobilize in their practice most categories of PCK, adopting the “Didactic” as an orientation for teaching science and showing great concern for the transmission of scientific facts. Despite their classes being predominantly lectures and teacher centered, it was possible to identify moments of an interactive approach, which considers the different views of students on the content taught. Finally, we note that the teacher presents a pedagogical practice that reflected in their teaching strategies.

Keywords: Chemistry teaching. Didactics. Pedagogical Content Knowledge. Higher education.

¹ Centro de Ciências Naturais e Humanas, Universidade Federal do ABC (UFABC), Rua Santa Adélia, 166, Bloco A, Torre 3, Bangu, CEP 09210-170, Santo André, SP, Brasil. E-mail: <sergio.henrique@ufabc.edu.br>

² Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil.

³ Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química, USP, São Paulo, SP, Brasil.

Introdução

Na literatura educacional há um interesse crescente na definição de quais conhecimentos, saberes, habilidades e competências devem compor o repertório profissional de um professor para que este realize o seu trabalho de forma eficiente, considerando os distintos contextos de ensino em que se encontra inserido e os objetivos propostos para a aprendizagem e formação dos alunos (FERNANDEZ, 2011, 2014a, 2014b; FERNANDEZ; GOES, 2014; GAUTHIER et al., 1998; GOES, 2014; GROSSMAN, 1990; PERRENOUD, 2000; SHULMAN, 1986, 1987; TARDIF, 2002).

É reconhecido que o conhecimento do conteúdo específico desempenha um papel importante dentre a base de conhecimentos para o ensino (*base knowledge*) (KÄPYLÄ; HEIKKINEN; ASUNTA, 2009; ROLLNICK et al., 2008); entretanto, o elevado grau de complexidade do processo de ensino e aprendizagem e a multiplicidade de elementos envolvidos na atividade docente sugerem que apenas o domínio do conteúdo não é garantia para um bom desempenho do professor. Nesse sentido, o conhecimento do conteúdo específico é imprescindível na composição do repertório de conhecimentos do docente, no entanto, apenas esse conhecimento não é suficiente para garantir o estabelecimento de um processo de ensino e aprendizagem significativo no que diz respeito à atuação do professor em sala de aula.

Shulman (1986) afirma que o professor precisa ter domínio do conteúdo específico em três níveis: conhecimento do conteúdo específico em si, conhecimento curricular e conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK, do inglês *Pedagogical Content Knowledge*). Um ano depois, o autor define as categorias para a base de conhecimentos como sendo: conhecimento do tema, conhecimento pedagógico geral, conhecimento pedagógico do conteúdo, conhecimento do currículo, conhecimento dos alunos e suas características, conhecimento dos contextos educacionais e conhecimentos das finalidades educativas, propósitos, objetivos e das filosofias educacionais (SHULMAN, 1987). Dentro da base de conhecimentos proposta, o PCK apresenta um papel de destaque dentre os conhecimentos específicos de um professor. Para o autor, esse conhecimento vai além do conhecimento da disciplina em si, e está intimamente relacionado ao conhecimento da disciplina para o ensino, ou seja, consiste na transformação do conhecimento específico do conteúdo *per se* em conhecimento do conteúdo para o ensino. Esse conhecimento incluiria

[...] as formas mais úteis de representação dessas ideias, as analogias mais poderosas, ilustrações, exemplos e demonstrações – em uma palavra, os modos de representar e formular o conteúdo que o torna compreensível para os outros. (SHULMAN, 1986, p. 9, tradução nossa)

Portanto, o PCK consiste em um conhecimento específico dos professores incluído no conhecimento prático (VAN DRIEL; DE JONG; VERLOOP, 2002), sendo constantemente (re)construído pelo docente ao ensinar, e aprimorado ao longo de sua experiência em sala de aula. Esse conhecimento tem implicações significativas na compreensão do papel dos professores, uma vez que define a abordagem do trabalho docente e está intimamente relacionado com a distinção da experiência de um professor quando comparado a um especialista na matéria.

Atualmente, esse conhecimento tem recebido considerável atenção por parte dos pesquisadores, pois consiste num conceito complexo, não só pelo conjunto de conhecimentos e

habilidades que envolve, mas, também, pelas diversas definições e interpretações que têm sido feitas na literatura (BERRY; LOUGHRAN; VAN DRIEL, 2008; KIND, 2009).

Grossman (1990), partindo das ideias originalmente propostas por Shulman (1986), estabeleceu que o conhecimento dos professores é formado pelos conhecimentos pedagógico geral, do tema, do contexto e pedagógico do conteúdo, sendo que este último encontra-se posicionado no centro do modelo, exercendo uma influência recíproca em relação aos demais domínios do conhecimento. Ela foi a primeira autora a sistematizar o PCK em: conhecimento da compreensão dos estudantes, conhecimento do currículo e das estratégias instrucionais. Grossman ainda estabeleceu, em seu modelo, que o PCK de um professor é direcionado pela concepção dos propósitos para ensinar um conteúdo específico. A autora também afirma que o desenvolvimento do PCK ocorre por intermédio da observação de experiências de sala de aula, tanto na posição de estudante, como durante a formação docente; da formação disciplinar, que pode conduzir a preferências pessoais para os propósitos educacionais específicos ou tópicos; das disciplinas específicas durante o curso de formação de professores, e das experiências de ensino em sala de aula como docente atuante.

Na mesma direção apontada por Grossman (1990), Marcon (2011) define o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo como sendo aquele por meio do qual o professor tanto manifesta suas concepções docentes e seus princípios educacionais, quanto utiliza suas estratégias pedagógicas, planejando, organizando e gerindo as situações de ensino e aprendizagem de modo a superar o simples domínio do conhecimento do conteúdo e alcançar objetivos mais amplos relacionados à educação e à formação dos alunos. Considerando a definição desse autor, é possível observar uma ênfase no planejamento e estratégias de ensino adotadas pelo professor.

Para Magnusson, Krajick e Borko (1999), o PCK é caracterizado como o resultado de uma transformação do conhecimento da matéria, pedagogia e contexto, no qual o conhecimento resultante pode estimular o desenvolvimento dos outros domínios do conhecimento básico. Segundo os autores, esse constructo é formado por cinco categorias: (a) Orientações para o ensino de ciências; (b) Conhecimentos e crenças sobre o currículo de ciências; (c) Conhecimentos e crenças sobre a compreensão dos alunos sobre temas específicos de ciência; (d) Conhecimentos e crenças sobre a avaliação em ciências; (e) Conhecimentos e crenças sobre estratégias instrucionais para o ensino de ciências. A primeira categoria apresenta destaque frente às demais, e está relacionada aos conhecimentos e crenças dos professores sobre as propostas e objetivos para o ensino de ciências de um determinado conteúdo, podendo ser classificada em: processo, rigor acadêmico, didática, mudança conceitual, atividade dirigida, descoberta, ciência baseada em projetos, investigação e investigação orientada. Essas orientações são organizadas de acordo com a ênfase dada na instrução e definidas de acordo com os objetivos para o ensino que um docente com uma orientação particular apresenta, sendo que cada docente apresenta uma única orientação.

No que se refere às definições do PCK a partir dos referenciais citados anteriormente, acreditamos que os mesmos especificam e estruturam, de formas distintas, os conhecimentos dos professores em diferentes modelos, entretanto, os mesmos podem ser considerados como complementares. Nesse aspecto, o modelo proposto por Magnusson, Krajick e Borko (1999) fornece uma descrição mais completa e detalhada dos conhecimentos necessários ao professor de ciências.

Apesar de ser considerado um constructo adequado para a pesquisa de formação de professores ao longo das duas últimas décadas (FERNANDEZ, 2011, 2014a; FERNANDEZ;

GOES, 2014; FRIEDRISCHSEN; VAN DRIEL; ABELL, 2011; LIMA; NÚÑEZ, 2013; MAMLOK-NAAMAN et al., 2013; MARCON; GRAÇA; NASCIMENTO, 2011;), poucos são os trabalhos que abordam o estudo e desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo no ensino de Química, especialmente no nível Superior de ensino (GIROTTI JUNIOR, 2011; GIROTTI JUNIOR; FERNANDEZ, 2013). Sendo assim, nosso trabalho teve como objetivo investigar o PCK de “estrutura da matéria” de uma professora de Química experiente e com histórico de bom desempenho, no contexto de uma disciplina ministrada para estudantes do primeiro ano do curso Licenciatura em Química e Bacharelado em Química Ambiental de uma universidade pública.

Metodologia

A presente investigação foi desenvolvida como um estudo de caso simples (MERRIAM, 1988), tendo como foco uma professora de Química do nível Superior de ensino, com mais de 30 anos de experiência e histórico de bom desempenho perante seus estudantes. A classificação de seu desempenho foi obtida a partir do instrumento de avaliação institucional, no qual os estudantes avaliam seus professores ao final de cada semestre letivo por intermédio de um questionário com 16 perguntas. Partimos do pressuposto de que um professor com experiência ampla, diversificada e profunda em sua área de atuação teria melhores condições de deixar em evidência suas decisões metodológicas e refletir mais profundamente acerca dessas decisões de sua prática pedagógica, além de demonstrar um conhecimento mais acessível, útil e organizado.

Realizamos o registro audiovisual de cinco aulas ministradas pela docente durante a disciplina de Química Geral I, ofertada para alunos ingressantes dos cursos de Licenciatura em Química e Bacharelado em Química Ambiental de uma universidade pública; sendo que a referida disciplina teve como objetivo apresentar os conceitos fundamentais da Química no que diz respeito à estrutura da matéria e suas transformações, e introduzir os alunos ao trabalho experimental por intermédio de aulas práticas. Nosso interesse esteve apenas na parte teórica da disciplina, uma vez que as aulas práticas foram ministradas por três outros professores. Uma análise mais detalhada foi realizada para o conteúdo de “estrutura da matéria” por intermédio do preenchimento do instrumento CoRe proposto por Loughran, Berry e Mulhall (2006), e amplamente empregado na literatura como ferramenta de acesso ao PCK de professores (FERNANDEZ; GOES, 2014; HUME; BERRY, 2011; PEREIRA; FERNANDEZ, 2013).

Finalmente, foram realizadas duas entrevistas semiestruturadas com a professora em diferentes momentos, tendo cada uma duração de, aproximadamente, 2,5 horas. Nessa etapa foram apresentados os episódios de ensino previamente selecionados pelo pesquisador, de modo a estimular a reflexão da docente acerca de suas atitudes e decisões tomadas em sala de aula (BONARDO; FERNANDEZ, 2014; FERNANDEZ; LOPES; BONARDO, 2008; MONTENEGRO, FERNANDEZ, 2015). Todos os dados coletados a partir do registro audiovisual das aulas, preenchimento do CoRe, entrevistas e reflexão estimulada foram integralmente transcritos e analisados segundo o modelo de PCK para o ensino de ciências proposto por Magnusson, Krajick e Borko (1999), e adaptado para o ensino de Química, considerando que o conteúdo ministrado pela docente era referente a essa área do conhecimento. A partir dessa

análise, foi definida a Orientação para o Ensino de Ciências da professora com base em uma das nove orientações estabelecidas pelos autores, a saber: processo, rigor acadêmico, didática, mudança conceitual, atividade dirigida, descoberta, ciência baseada em projetos, investigação e investigação orientada.

Resultados e discussão

Nossas discussões acerca do PCK da professora serão realizadas a partir de uma análise detalhada das categorias que formam esse conhecimento de acordo com o modelo proposto por Magnusson, Krajick e Borko (1999).

Orientações para o Ensino de Ciências

Durante a observação participante, foi possível constatar que as aulas ministradas são predominantemente expositivas, e que a professora mantém um estreito contato com os alunos, incentivando a sua participação de modo a estabelecer uma interação dialógica. Para isso, aciona constantemente o mecanismo de perguntas direcionadas aos alunos, estimulando-os no envolvimento com o conteúdo ministrado. Além disso, não foi possível detectar, em seu comportamento, atitudes autoritárias, demonstrando disponibilidade e atenção aos diferentes pontos de vista dos alunos, além de reconhecer suas próprias falhas quando estas aconteceram em situações pontuais durante sua preleção.

Ao ser questionada acerca de suas aulas, reconheceu-as como expositivas e pautadas em transmissão cultural, afirmando estarem distante do que seria o desejado. Declara que o ideal seria a proposição de problemas químicos reais para que os alunos buscassem as soluções a partir dos conhecimentos científicos relacionados ao conteúdo abordado. No entanto, a professora ainda não consegue implementar essa estratégia em sua disciplina justificando tal fato em função do contexto de seus alunos, que são recém egressos de um sistema de ensino no qual o modelo vigente é basicamente de transmissão cultural. Nesse ponto, a professora julga importante respeitar o tempo do aluno no que se refere a sua evolução dentro do ambiente universitário em detrimento de uma abrupta ruptura com a formação anterior, ressaltando que, nessa etapa inicial, se faz necessário guiá-lo com cautela em direção à independência, não sendo possível exigir uma mudança de comportamento significativa em pouco tempo.

Considerando as nove orientações para o ensino de ciências propostas por Magnusson, Krajick e Borko (1999), constatamos que, em sua prática pedagógica junto à disciplina, a professora segue a orientação “Didática”, uma vez que atribui grande importância à transmissão dos fatos relativos à ciência e apresenta essas informações por intermédio de aulas expositivas e dialogadas, nas quais as perguntas direcionadas aos alunos têm o propósito de fornecer um suporte justificável para o conhecimento dos fatos produzidos pela ciência. É importante salientar que essa orientação mostra grande impacto no PCK da professora, e influencia na formulação, moldagem e adequação dos outros componentes, bem como nas decisões relativas ao planejamento, execução e reflexão de seu ensino para o conteúdo considerado.

Conhecimento do currículo de Ciências

Ao considerarmos essa categoria em nossa análise, observamos que a professora atribui grande importância ao conteúdo “estrutura da matéria” na formação do aluno e no próprio currículo do curso de graduação, afirmando que este fornece uma introdução ao uso de modelos em química e permitirá que os estudantes raciocinem do ponto de vista químico nas demais disciplinas do curso, bem como em sua futura atuação profissional.

Essa visão da professora pode ser evidenciada pelo preenchimento da segunda questão do instrumento CoRe (3ª linha e 2ª, 3ª e 4ª colunas do Quadro 1), no qual observamos sua justificativa acerca da importância de os alunos aprenderem as três ideias centrais ressaltadas por ela. Essa questão está intimamente relacionada à decisão de um professor frente ao grande número de componentes curriculares existentes no ensino de um conteúdo específico, sendo que aqueles considerados competentes reconhecem a relevância de um determinado tópico para a formação do estudante e lançam mão de sua experiência e conhecimento para criar meios significativos de incentivá-los na compreensão dos conceitos disponíveis. A resposta a essa questão também revela o conhecimento do currículo que a professora possui e como a ideia selecionada do conteúdo no CoRe se relaciona a outros elementos do currículo.

Loughran, Berry e Mulhall (2006) sugerem que professores experientes apresentam pouca dificuldade para serem específicos sobre o que um grupo particular de estudantes deveria estar apto a aprender, o que também foi confirmado em nosso trabalho, uma vez que não constatamos qualquer dificuldade da professora no preenchimento e explicação desses aspectos em seu CoRe (Quadro 1).

Conhecimento da compreensão dos alunos sobre Ciências

De acordo com o referencial teórico adotado, esta categoria do PCK apresenta duas subcategorias: o Conhecimento dos Requisitos para a Aprendizagem de Conceitos Específicos da Ciência e o Conhecimento das Áreas de Dificuldade dos Estudantes. A primeira corresponde aos conhecimentos de um professor sobre os conhecimentos prévios necessários à aprendizagem, sua compreensão das diferentes abordagens dos estudantes para a aprendizagem, e como estes relacionam o desenvolvimento desse conhecimento dentro de um conteúdo particular.

Durante a observação das aulas, constatamos que a professora considera todos os pontos de vista dos alunos quando estes apresentam suas dúvidas sobre o conteúdo, o que pode ser um indicativo de seu interesse pelos conhecimentos prévios dos estudantes. Ao questionarmos sobre o conhecimento, ideias ou interesses que seus alunos têm, nos afirma que a maioria traz diversos tipos de “macetes” de sua formação anterior em Química, o que prejudica o estabelecimento de um ambiente no qual seja possível a construção de um raciocínio mais elaborado pelo aluno. Ressalta que grande parte deles utiliza algoritmos preestabelecidos, sem qualquer tipo de reflexão sobre esse uso. Podemos ilustrar sua concepção a esse respeito a partir do seguinte trecho extraído de sua entrevista:

Muitas vezes acho que seria ótimo que ele [aluno] não trouxesse esse tipo de coisa. Muitas vezes não, eu sempre acho que seria muito bom se ele não trouxesse esse tipo de coisa. Eu me sentiria muito melhor porque não me sentiria bloqueada pelos

Quadro 1. CoRe do conteúdo “estrutura da matéria” preenchido pela professora

Quais são as principais ideias referentes a esse conteúdo?	Ideias/conceitos centrais do conteúdo “estrutura da matéria”		
	A evolução científica e a construção de um modelo e sua transitoriedade	As partículas elementares e a natureza elétrica da matéria	A relação entre a periodicidade estrutural e as propriedades da matéria
1. O que você pretende que os estudantes aprendam sobre esta ideia?	Que modelos são auxiliares de nosso raciocínio, permitindo previsões e racionalizações de fenômenos, mas que são constantemente modificados	Que, por um desbalanço no número de tais partículas, se pode compreender a formação de íons e, portanto, da ligação iônica	Que há uma relação entre a estrutura microscópica e as propriedades das substâncias, da matéria
2. Por que é importante para os estudantes aprenderem esta ideia?	Para uma visão correta do que é o pensamento científico e a própria ciência	Para que possam compreender fenômenos como: a dissociação, a solubilização, a condutibilidade elétrica, os fenômenos eletroquímicos etc.	Para que compreendam que é possível racionalizar e prever a reatividade química
3. O que mais você sabe sobre esta ideia?	Que há distorções sobre a compreensão do que é um modelo. Por outro lado, o modelo mais recente (quântico) tem sido pouco questionado, com raras contribuições novas	Que continuamos a descobrir novas partículas elementares	Que a síntese de novos elementos químicos se baseia no modelo periódico
4. Quais são as dificuldades e limitações ligadas ao ensino desta ideia?	É uma ideia bastante abstrata	A ideia de cargas elétricas não é intuitiva e pouco explorada em experimentos	Com o aumento do número atômico e, em especial, para o caso dos elementos de transição, há dificuldades crescentes
5. Que conhecimento sobre o pensamento dos estudantes tem influência no seu ensino sobre esta ideia?	Frequentemente, os alunos trazem a ideia de que a ciência atingiu a “verdade”. É preciso modificar essa concepção	O modelo orbitalar é aceito pelo aluno, muitas vezes sem questionamento sobre forças de atração e repulsão entre as partículas elementares	O aluno traz o conceito de periodicidade embora nem sempre o relacione com a estrutura atômica

continua

algoritmos que eles trazem. Acho que seria muito mais fácil a gente raciocinar juntos se não existissem esses algoritmos. Cheguei à conclusão de que às vezes é melhor a gente ter o aluno que não sabe nada do que o aluno que está bitolado em certos algoritmos. Isso pode ser muito prático porque ele acaba resolvendo o problema, mas não me satisfaz. Eu sei que ele vai seguir em frente sem ter a conceituação necessária.
[Professora – Primeira entrevista]

Declara ainda que leva em consideração esse conhecimento prévio dos alunos, mas que busca fazer uma seleção daquilo que, efetivamente, irá contribuir para a construção de um conhecimento químico mais significativo durante a sua formação no Ensino Superior.

Quadro 1. continuação

Quais são as principais ideias referentes a esse conteúdo?	Ideias/conceitos centrais do conteúdo “estrutura da matéria”		
	A evolução científica e a construção de um modelo e sua transitoriedade	As partículas elementares e a natureza elétrica da matéria	A relação entre a periodicidade estrutural e as propriedades da matéria
6. Que outros fatores influem no ensino dessa ideia?	O interesse pela evolução histórica da Ciência	A relação com fenômenos estudados na Física (ex: eletrostática, eletricidade etc.)	A necessidade de compreender e racionalizar fenômenos observados nas aulas práticas
7. Que procedimentos/estratégias você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?	Uso da imaginação, refazendo o caminho de raciocínio trilhado pelos pesquisadores responsáveis pelas descobertas fundamentais e pela proposição dos vários modelos	Idem.	Idem, acrescido da análise e observação das propriedades macroscópicas das várias substâncias
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou a confusão dos alunos sobre esta ideia?	Exercícios e discussões específicas sobre o tema. Perguntar mas, sobretudo, ouvir o que o aluno pensa a respeito	Idem.	Idem.

Fonte: elaborado pelos autores a partir das respostas do sujeito de pesquisa.

Um aspecto relatado por Magnusson, Krajick e Borko (1999), acerca do Conhecimento dos Requisitos para a Aprendizagem, de grande implicação no PCK, está relacionado à ajuda que os professores oferecem a seus estudantes na compreensão dos fenômenos químicos em nível molecular. Esse tipo de preocupação está presente no CoRe preenchido pela professora para a ideia central III “a relação entre a periodicidade estrutural e as propriedades da matéria” (2ª linha e 4ª coluna do Quadro 1), no qual descreve, para a primeira questão, que há uma relação entre a estrutura microscópica e as propriedades das substâncias. A mesma consideração é feita pela professora em sua primeira entrevista quando menciona a importância do conteúdo trabalhado na formação dos alunos, discutido anteriormente.

Ainda analisando o CoRe, observamos que, para a ideia I (6ª linha e 2ª coluna do Quadro 1), a professora afirma que os alunos frequentemente têm a concepção equivocada de que a ciência atingiu a “verdade absoluta”, sendo necessário modificar tal concepção. Essa resposta está em consonância com suas declarações obtidas durante a primeira entrevista, nas quais relata a importância de sua formação como pesquisadora na construção de uma visão dinâmica sobre a ciência.

A categoria Conhecimento das Áreas de Dificuldade dos Estudantes consiste no conhecimento que os professores apresentam dos conceitos e tópicos de ciências que os estudantes encontram maior dificuldade durante sua aprendizagem. De acordo com as respostas da questão 4 do CoRe para as três ideias centrais (5ª linha e 2ª, 3ª e 4ª colunas do Quadro 1), verificamos que a professora atribui a dificuldade de aprendizagem dos conteúdos químicos pelos estudantes ao fato de que tais conteúdos, na maioria das vezes, apresentam-se abstratos e não mostram ligações com suas experiências cotidianas. Sendo assim, propõe que os professores que ministram tais conteúdos conheçam em profundidade quais são os conceitos e aspectos em que os estudantes encontram maior dificuldade.

Alguns autores (LOUGHRAN; BERRY; MULHALL, 2006; SHULMAN, 1986) indicam que os professores que refletem sobre as ideias dos alunos apresentam ganhos no que se refere ao conhecimento das potenciais dificuldades que estes demonstram durante o ensino de um tópico particular. Em se tratando do ensino de ciências, isso é particularmente corroborado pela pesquisa em concepções alternativas e nas limitações de algumas abordagens que são utilizadas na promoção do entendimento ou explicação de um determinado fenômeno.

É importante ressaltar que a atitude da professora de considerar as ideias prévias de seus alunos está coerente com o que preconiza a literatura, uma vez que o processo de aprendizagem não é visto como a mera substituição das concepções que o indivíduo já possui pelos novos conceitos científicos trabalhados durante o ensino, mas, sim, como uma negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais num processo de crescimento contínuo (MORTIMER, 2000).

Conhecimento da avaliação no Ensino de Ciências

Essa categoria foi proposta originalmente por Tamir (1988) como sendo constituída por duas subcategorias: o Conhecimento das Dimensões da Aprendizagem em Ciências a serem Avaliadas e o Conhecimento dos Métodos de Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Ciências. A primeira se refere ao conhecimento, dos professores, de aspectos da aprendizagem dos estudantes que são efetivamente importantes de serem avaliados dentro de um conteúdo

particular, sendo que as dimensões a serem avaliadas devem ser claras e previamente estabelecidas pelo professor, de modo que esta avaliação se mostre significativa.

A professora investigada em nosso trabalho afirma que, para o processo avaliativo ser efetivo, as avaliações devem ser conduzidas com maior frequência, sendo que nem todas estariam vinculadas à atribuição de uma nota ao aluno, uma vez que a sua principal função é verificar o andamento do processo percorrido por ele, e não, simplesmente, atribuir um valor numérico à sua aprendizagem. Essa concepção de avaliação pode ser evidenciada por intermédio do seguinte trecho de sua entrevista:

O ideal seria a gente poder avaliar sem necessariamente dizer para o aluno que ele está sendo avaliado, porque a gente vai avaliar o processo, o andamento do processo. Eu acho que isso é a verdadeira avaliação, o resto é formal porque é necessário.
[Professora – Segunda entrevista]

Tal concepção descrita pela professora está de acordo com o preconizado pela literatura que discute o papel da avaliação no processo de ensino e aprendizagem. Zabala (1998) esclarece que a literatura pedagógica e os próprios princípios das reformas educacionais empreendidas em diferentes países entendem que a avaliação não se limita à valoração dos resultados obtidos pelos alunos, devendo estar estreitamente relacionada ao processo seguido por estes, e ressaltar o seu progresso pessoal e o próprio processo coletivo de ensino e aprendizagem seguido, sendo tais elementos de suma importância na avaliação.

Ainda sobre a concepção da professora acerca do papel da avaliação, destacamos um episódio de ensino (Quadro 2) extraído de sua prática, na qual ela corrige a primeira avaliação realizada e menciona claramente o que é importante considerar dos resultados desta avaliação pelos estudantes.

Esse episódio de ensino foi apresentado à professora durante a reflexão estimulada, que ratificou a sua postura com relação ao papel avaliativo dentro do ensino de Química e, também, a importância que atribui à realização de sua correção junto aos alunos:

Quadro 2. Episódio ilustrativo da concepção da professora sobre a avaliação e os seus objetivos

Episódio 1 - Avaliação e seus objetivos		
Turno	Verbal	Ação/Gestos
1	<i>Professora: Olha, essa é a vantagem das provas: mostrar os nossos pontos fracos. Eu não dou tanta importância à nota. Acho que a prova tem que ser corrigida porque ela mostra onde estão os nossos pontos fracos e é justamente aí que temos de investir. O que vocês vão levar desse primeiro semestre é a formação, é o alicerce em que vão construir o edifício do curso inteiro. Se a base não tiver boa, o desastre vai ser cada vez maior. É como se fosse um tsunami. Cuidado! Isso demonstra onde vocês têm que investir.</i>	<i>Professora vira-se em direção aos alunos</i> Gesticula com o braço

Nisso eu acredito realmente! Eu não acredito em provas que não sejam corrigidas porque justamente é uma excelente oportunidade. O aluno presta uma tremenda atenção para ver onde é que ele errou, justamente porque ele é questionador, está preocupado com a nota, ele quer saber... 'bom, afinal, o quê que eu errei?' E nesse momento ele aprende, porque aprende com seus próprios erros. Também é outro jeito de aprender que eu acho muito interessante: você aprende com os seus erros. Então, não acredito em provas que não sejam corrigidas. Acho que você pode perder um bom tempo. Não é perda de tempo, é ganho de tempo corrigir a prova. Realmente nisso eu acredito. Isso eu fiz, sempre faço e acho que é fundamental. [Professora – Segunda entrevista]

Pela observação de suas aulas, foi possível verificar como a professora efetivamente realiza a correção das avaliações, demonstrando preocupação com as ideias que seus alunos constroem dentro da disciplina e com o desenvolvimento de seus domínios de forma mais significativa, além de considerar a forma como eles expressam tais ideias em suas respostas. Em suas reflexões, afirma que considera a coerência do raciocínio do aluno na resolução das questões, mas que também leva em consideração quando os alunos chegam a resultados muito diferentes daqueles esperados, especialmente para questões que envolvem aspectos quantitativos do raciocínio em química, uma vez que, como futuros profissionais da área, é importante uma avaliação coerente desse domínio de sua formação. Verificamos, portanto, que a professora apresenta clareza no que se refere aos aspectos da aprendizagem de seus estudantes que julga efetivamente importante de serem avaliados para um conteúdo químico, bem como qual dimensão é importante avaliar, considerando a formação e futura atuação profissional dos licenciandos.

A segunda subcategoria do Conhecimento da Avaliação no Ensino de Ciências, denominada Conhecimento dos Métodos de Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Ciências, está relacionada ao conhecimento que os professores apresentam acerca dos meios a serem empregados para avaliar a aprendizagem dos estudantes considerando um conteúdo particular. De forma mais objetiva, se refere ao conhecimento dos professores sobre os métodos de avaliação, incluindo o conhecimento de instrumentos ou procedimentos específicos, de abordagens ou atividades que possam ser utilizadas para avaliar dimensões importantes da aprendizagem em ciências, bem como o discernimento das vantagens e desvantagens associadas ao emprego de uma técnica ou dispositivo de avaliação particular.

No que se refere ao processo avaliativo da parte teórica da disciplina, a professora explica que este foi composto de duas provas teóricas escritas e realizadas em sala de aula pelos alunos sem consulta, sendo a primeira composta de questões objetivas e a segunda apenas por questões subjetivas. Reconhece as vantagens da prova subjetiva e justifica que, mesmo no teste objetivo, conseguiu desenvolver habilidades importantes e mobilizar os conhecimentos dos alunos, pois as questões, embora apresentassem uma única alternativa correta, necessitavam da elaboração de um pensamento mais refinado até a escolha final, conferindo, assim, qualidade à prova aplicada.

A oitava questão do CoRe (9ª linha e 1ª coluna do Quadro 1) está relacionada às maneiras específicas que um professor avalia a compreensão ou confusão dos alunos de um tópico particular. De acordo com as respostas para essa questão (9ª linha e 2ª, 3ª e 4ª colunas do Quadro 1), observamos que a professora considera fundamental a realização de exercícios

e discussões para todas as ideias centrais ressaltadas durante o preenchimento do instrumento. Além disso, atribui grande importância ao processo de questionar os alunos e obter suas respostas, de modo que possa acessar suas compreensões acerca do conteúdo ministrado. Segundo Loughran, Berry e Mulhall (2006), essa questão tem como objetivo explorar a abordagem de ensino de um professor para um conteúdo específico, a fim de que ele possa recolher diferentes perspectivas da eficácia de seu ensino, bem como auxiliar nos ajustes necessários em situações semelhantes que possam ocorrer no futuro.

A resolução de exercícios pelos alunos, em sala de aula, com o auxílio da professora, é observada não só para o conteúdo analisado nesse trabalho, mas, também, ao encerramento de todos os conteúdos ministrados dentro da disciplina de Química Geral I. Nesses momentos, a professora indica que alguns alunos respondam às questões propostas na lousa e as expliquem para os demais. É importante salientar que, durante todo o processo, ela considera os diferentes pontos de vista dos alunos na resolução de uma mesma questão, sendo essa atitude denominada de “discussões específicas sobre o tema”, no preenchimento da questão 8 de seu CoRe para a ideia central I (9ª linha e 2ª coluna do Quadro 1).

Afirma que a resolução de exercícios em sala facilita, em maior extensão, a aprendizagem de conteúdos específicos pelos alunos. Entretanto, acredita que se estes viessem mais bem preparados do ponto de vista teórico, os momentos de resolução de exercícios seriam mais significativos, uma vez que seria possível discutir mais profundamente sem precisar ministrar tantas aulas teóricas sobre o conteúdo em questão. Esse último aspecto ressaltado pela docente aparece como uma justificativa para suas aulas eminentemente expositivas e pautadas, sobretudo, em transmissão cultural durante a disciplina, sendo que tal aspecto já havia sido reconhecido por ela e se mostra coerente com os seus propósitos para o ensino de ciências discutidos anteriormente.

Finalmente, pela análise de suas respostas à questão 8 do CoRe (9ª linha e 2ª coluna do Quadro 1), vemos que, para a ideia I, a professora menciona que a realização de perguntas durante suas aulas é fundamental, pois julga imprescindível dar voz ao aluno para que expresse seus pensamentos acerca do conteúdo ministrado. Dessa forma, podemos inferir que a professora apresenta, em sua prática pedagógica e, portanto, na constituição de seu PCK, considerável grau de desenvolvimento das subcategorias que compõem o Conhecimento da Avaliação no Ensino de Ciências.

Conhecimento das estratégias instrucionais

A última categoria proposta pelo modelo de Magnusson, Krajick e Borko (1999) para o PCK é formada pelas subcategorias: Conhecimento das Estratégias Específicas das Ciências e Conhecimento das Estratégias para um Tópico Específico de Ciências. Essas subcategorias diferem entre si quanto ao seu escopo, sendo que a primeira, como o próprio nome sugere, é mais amplamente aplicável à ciência em oposição a outras disciplinas. Por outro lado, a segunda subcategoria apresenta-se mais limitada no que se refere à sua abrangência, sendo aplicada somente ao ensino de tópicos particulares dentro de um domínio da ciência.

No Conhecimento das Estratégias Específicas das Ciências, o conhecimento dos professores está diretamente relacionado à categoria do PCK “Orientações para o Ensino de Ciências”. Sendo assim, existe uma abordagem geral para o ensino de ciências que é consistente

com os objetivos e metas de uma orientação particular do professor, estando o seu conhecimento relacionado com a habilidade de descrever e demonstrar estratégias considerando tal orientação.

Ao discutirmos a categoria “Orientações para o Ensino de Ciências”, sugerimos que a professora segue a orientação “Didática”, uma vez que atribui grande importância à transmissão de fatos relacionados à ciência e apresenta essas informações por meio de aulas expositivas e dialogadas, nas quais direciona perguntas aos alunos com o propósito de fornecer uma justificativa para o conhecimento dos fatos produzidos pela ciência.

Embora suas aulas sejam predominantemente expositivas, constatamos que, ao longo de sua prática, a professora adota a estratégia de realizar uma retrospectiva dos principais pontos discutidos na aula anterior antes do início de uma nova aula. Considerando as aulas analisadas, verificou-se que, em todas elas, a professora utiliza tal estratégia. Ao questionarmos como ela observa a adoção dessa estratégia na aprendizagem pelos alunos, afirma que a mesma auxilia-os a relacionar de forma mais efetiva o que foi visto anteriormente ao conteúdo que será trabalhado na sequência. Esse aspecto pode ser verificado no seguinte excerto de sua entrevista:

É quase como reavivar a memória porque normalmente vamos falar de alguma coisa que está ligado, alguma coisa que veio antes. O aluno está saindo de uma aula de Cálculo e aí venho eu falar sobre relações mássicas! Ele não consegue enganchar isso em alguma coisa que veio antes e, na verdade, o que eu vou dizer agora é uma continuação do que veio antes ou ela necessita daquilo que foi visto antes. Eu preciso daquilo que vem antes para dar sequência. [Professora – Primeira entrevista]

A partir dessa declaração, podemos sugerir que, além de considerar a retrospectiva uma importante ferramenta pedagógica em suas aulas, a docente também considera o contexto no qual seus alunos estão inseridos, sendo importante tanto situá-los dentro da disciplina, como dos conteúdos discutidos, para avançar de forma significativa na aula atual.

Considerando a subcategoria Conhecimento das Estratégias para um Tópico Específico de Ciências, vemos que esta se refere ao conhecimento que um professor possui de estratégias específicas úteis aos estudantes relativas à compreensão de conceitos específicos de ciências. De acordo com o referencial teórico adotado, essa subcategoria apresenta duas divisões: Representações e Atividades.

A “Representação” está relacionada ao conhecimento dos professores acerca de diferentes meios por intermédio dos quais seja possível representar conceitos ou princípios específicos com o intuito de facilitar a aprendizagem de seus estudantes, além de determinar os pontos fortes e fracos de uma representação específica, incluindo: ilustrações, exemplos, modelos ou analogias. Esse conhecimento é bastante representativo da prática pedagógica da professora e do próprio conteúdo analisado, uma vez que a utilização de representações é comum durante a abordagem de “estrutura da matéria”. O seguinte episódio (Quadro 3) ilustra sua abordagem para a “Representação”, no qual a professora explica os sentidos quimicamente atribuídos ao fenômeno de ionização.

Magnusson, Krajick e Borko (1999) afirmam que um professor experiente consegue julgar *se e quando* uma determinada representação irá ser útil para facilitar a compreensão de seus estudantes em uma situação particular de ensino. Além disso, infere que o conhecimento limitado de representações de um tópico por professores pode apresentar impacto negativo no ensino de ciências. Entretanto, os autores ressaltam que o conhecimento do conteúdo por um

Quadro 3. Episódio ilustrativo da “Representação” utilizada pela professora

Episódio 2 - Sentidos da ionização		
Turno	Verbal	Ação/Gestos
1	<p>Professora: <i>Oi? Hidrolisados! Tá! Eles estão com cargas. O que mais? Ionizados eles já estavam de partida porque eles ionizaram. Vamos pensar que ionizar tem <u>dois sentidos</u>. Ionizar o átomo pode significar arrancar o seu elétron e o transformar num cátion. Isso pode ser entendido como ionizar um átomo. Por isso que a gente fala íon. Porque foi ionizado, perdeu uma carga, perdeu um elétron virou um cátion. Aí vocês vão dizer: “né, mas ânion também é íon”. Tudo bem, um íon negativo. Ele recebeu um elétron. Aí vocês me disseram: “bom, na água os íons estarão ionizados”. E aí vocês estão querendo dizer então separados. É um outro sentido de dizer ionizar, separar. Tá bom, eles estão separados, mas vocês ainda não me disseram como é que eles estão. Como é que eles estão?</i></p>	<p><u>Gesticula com os dedos</u></p> <p>Gesticula com os braços</p>
2	<p>Aluno: <i>Dissociados.</i></p>	
3	<p>P: <i>Dissociados. Tá bom! Estão separados. Dissociados é sinônimo de separar.</i></p>	

Fonte: elaborado pelos autores.

professor, por si só, não é garantia que este irá conseguir transformá-lo em representações que irão ajudar seus alunos a compreenderem os conceitos almejados; ou, ainda, que o professor decida coerentemente quando determinada representação é pedagogicamente mais adequada para ser usada em um conteúdo específico.

A divisão “Atividades” está relacionada ao conhecimento das atividades potencialmente úteis, aos alunos, na compreensão de conceitos específicos e suas relações, como, por exemplo: problemas, demonstrações, simulações, investigações ou experimentos. Ao considerarmos as respostas da professora para a questão 7 do CoRe (8ª linha e 2ª coluna do Quadro 1), vemos que, para a ideia I, considera o uso da imaginação pelos alunos, de modo que estes refaçam o caminho do raciocínio trilhado pelos pesquisadores que estiveram envolvidos nas descobertas fundamentais da atomística, pois tal estratégia se mostra relevante na compreensão dos diferentes modelos do átomo. É possível observar esse aspecto ao longo de suas aulas sobre o conteúdo analisado, nas quais a professora busca trazer o aluno para o contexto em que as descobertas foram realizadas de modo que estes vivenciem o processo.

Além disso, classifica tal estratégia como fundamental para o desenvolvimento de uma visão dinâmica e construtiva da ciência em detrimento daquela na qual a ciência seria detentora de verdades incontestáveis, aspecto já discutido anteriormente. Esse aspecto também pode ser evidenciado na resposta à questão 7 do CoRe (8ª linha e 2ª coluna do Quadro 1), na qual res-

salta para a ideia I “a evolução científica e a construção de um modelo e sua transitoriedade”. Segundo a professora, o interesse pela evolução histórica da ciência é um fator de suma importância dentro do conteúdo “estrutura da matéria”, e tem considerável influência no processo de aprendizagem pelos estudantes.

Finalmente, no que concerne à divisão “Atividades”, citamos, ainda, a utilização de resolução de exercícios ao final do conteúdo ministrado pela professora, sendo tal prática considerada de suma importância pela docente e já discutida anteriormente.

Conclusão

A partir das análises realizadas, podemos afirmar que a professora apresenta um sólido conhecimento do conteúdo específico, justificado pela abordagem de aspectos importantes do mesmo, bem como uma relativa profundidade dessa abordagem durante as aulas ministradas. Esse aspecto pode ser corroborado por intermédio das ideias centrais ressaltadas pela professora durante o preenchimento do instrumento CoRe, a saber: a evolução científica e a construção de um modelo e sua transitoriedade”, “as partículas elementares e a natureza elétrica da matéria” e “a relação entre a periodicidade estrutural e as propriedades da matéria” (1ª linha e 2ª, 3ª e 4ª colunas do Quadro 1, respectivamente).

Além disso, o preenchimento do CoRe mostrou um elevado grau de coerência entre as respostas dadas e sua prática pedagógica observada a partir dos registros audiovisuais realizados. Sob esse aspecto, é importante mencionar que não foi possível verificar discrepâncias entre o discurso e a prática da professora.

Uma análise de seu PCK segundo o modelo proposto por Magnusson, Krajick e Borko (1999) nos indica que a professora apresenta um desenvolvimento da maioria das categorias e subcategorias formadoras desse conhecimento. No que se refere à categoria central Orientações para o Ensino de Ciências, podemos inferir que a professora apresenta a orientação “Didática”, uma vez que atribui grande importância à transmissão dos fatos relativos à ciência, e apresenta essas informações por meio de aulas expositivas e dialogadas, sendo que as perguntas feitas aos alunos têm o propósito de fornecer subsídio para os fatos produzidos pela ciência.

Durante a reflexão estimulada a partir dos episódios de ensino, reconhece suas aulas como fortemente expositivas e admite a necessidade de mudanças em versões futuras da disciplina, de modo a valorizar o protagonismo do aluno no processo. Entretanto, afirma que, para o estabelecimento de tal ambiente, seria necessário que o aluno demonstrasse postura mais autônoma, o que não parece ser o caso, já que os mesmos são recém-egressos de um sistema de ensino no qual as aulas são pautadas, sobretudo, em transmissão cultural. Nesse aspecto, a professora julga necessário respeitar o tempo do estudante e auxiliá-lo durante essa transição em direção a uma atitude acadêmica mais independente.

Foi possível observar que a professora realiza um processo de reflexão acerca de suas aulas, visando atingir os objetivos inicialmente propostos para o ensino do conteúdo e a sua relação com a aprendizagem dos alunos. Estes processos reflexivos são fundamentais para a mudança da prática pedagógica de um professor e estão diretamente relacionados ao “Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação” proposto por Shulman (1987). Exemplo disso é a sua afirmação da necessidade de mudanças na estratégia das aulas de exercícios para futuras edições

da disciplina de Química Geral I, a qual será desenvolvida a partir das discussões de problemas, pelos alunos, baseados em situações químicas reais, sendo que as possíveis soluções deverão emergir dessas discussões realizadas entre os estudantes.

A despeito de ainda não conseguir implementar essas mudanças em suas aulas e as mesmas ainda apresentarem-se fortemente centradas em sua figura, poderíamos sugerir que a professora apresenta um PCK desenvolvido para o conteúdo “estrutura da matéria”, pois considera a importância desse conteúdo frente ao currículo de formação proposto, aborda aspectos importantes a serem considerados na etapa de avaliação, conhece e utiliza estratégias promotoras de aprendizagem significativa pelos alunos, além de considerar o contexto de sua disciplina teórica dentro da parte experimental da disciplina de Química Geral I, e o próprio contexto em que os estudantes estão inseridos.

Agradecimentos

À professora investigada, por nos abrir sua sala de aula de forma tão espontânea; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo nº 400866/2010-2, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo nº 2011/01604-1 (bolsa de estudos) e Processo nº 2013/07937-8 (CEPID Redoxoma).

Referências

BERRY, A.; LOUGHRAN, J.; VAN DRIEL, J. H. Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. **International Journal of Science Education**, London, v. 30, n. 10, p. 1271-1279, 2008.

BONARDO, J. C.; FERNANDEZ, C. Contribuições do processo de reflexão crítica para o desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo de uma professora de química. In: LOPES, A. et al. (Org.). **Trabalho docente e formação: políticas, práticas e investigação: pontes para a mudança**. Porto: CIIE, 2014. p. 5328-5353.

FERNANDEZ, C. **A base de conhecimentos para o ensino e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de química**. 2014. 329 f. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014a.

_____. Knowledge base for teaching and pedagogical content knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers training. **Problems of Education in the Twenty First Century**, Siauliai, v. 60, p. 79-100, 2014b.

_____. PCK – conhecimento pedagógico do conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: ABRAPEC, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiinpec/resumos/R0370-1.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2014.

FERNANDEZ, C.; GOES, L. F. Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no ensino de ciências e matemática. In: GARRITZ, A.; LORENZO, M. G.; DAZA ROSALES, S. (Org.). **Conocimiento didáctico del contenido: una perspectiva iberoamericana**. Saarbrücken: Editorial Académica Española, 2014. p. 65-99.

FERNANDEZ, C.; LOPES, J. G. S.; BONARDO, J. C. In-service chemistry teachers reflection: a metacognitive experience. In: RALLE, B.; EILKS, I. (Org.). **Promoting successful science education: the worth of science education**. Aachen: Shaker Verlag, 2008. v. 1, p. 145-54.

FRIEDRISCHSEN, P.; VAN DRIEL, J. H.; ABELL, S. K. Taking a closer look at science teaching orientations. **Science Education**, Hoboken, v. 95, n. 2, p. 358-76, 2011.

GAUTHIER, C. et al. **Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente**. Ijuí: Edit. Unijuí, 1998.

GIROTTTO JÚNIOR, G. **De licenciando a professor de química: um olhar sobre o desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo**. 2011. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GIROTTTO JÚNIOR, G.; FERNANDEZ, C. Following early career chemistry teachers: the development of Pedagogical Content Knowledge from pre-service to a professional teacher. **Problems of Education in the Twenty First Century**, Siauliai, v. 55, p. 57-73, 2013.

GOES, L. F. **Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no campo da educação e no ensino de química**. 2014. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GROSSMAN, P. L. **The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education**. New York: Teachers College Press, 1990.

HUME, A.; BERRY, A. Constructing CoRes: a strategy for building PCK in pre-service science teacher education. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 41, n. 3, p. 341-55, 2011.

KÄPYLÄ, M.; HEIKKINEN, J. P.; ASUNTA, T. Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: the case of teaching photosynthesis and plant growth. **International Journal of Science Education**, London, v. 31, n. 10, p. 1395-1415, 2009.

KIND, V. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. **Studies in Science Education**, London, v. 45, n. 2, p. 169-204, 2009.

LIMA, A. A.; NÚÑES, I. B. A análise do conhecimento pedagógico do conteúdo no planejamento de atividades com a utilização de modelos no ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 123-31, 2013.

LOUGHRAN, J.; BERRY, A.; MULHALL, P. **Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge**. Rotterdam: Sense Publishers, 2006.

MAGNUSSON, S.; KRAJICK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Org.). **Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p. 95-132.

MAMLOK-NAAMAN, R. et al. How to keep myself being a professional chemistry teacher. In: EILKS, I.; HOFSTEIN, A. (Org.). **Teaching chemistry a studybook: a practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013. p. 269-97.

MARCON, D. **Construção do conhecimento pedagógico do conteúdo dos futuros professores de educação física**. 2011. 574 f. Tese (Doutorado em Ciência do Desporto) – Faculdade de Desporto, Universidade de Porto, Porto, 2011.

MARCON, D.; GRAÇA, A. B. S.; NASCIMENTO, J. V. Reinterpretação da estrutura teórico-conceitual do conhecimento pedagógico do conteúdo. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 323-39, 2011.

MERRIAM, S. B. **The case study research in education**. San Francisco: Jossey-Bass, 1988.

MONTENEGRO, V. L. S.; FERNANDEZ, C. Processo Reflexivo e desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo numa intervenção formativa com professores de Química. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências** (Online), v. 17, n. 1, p. 251-275, 2015.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2000.

PEREIRA, P. G. E. M.; FERNANDEZ, C. Índícios do modelo integrativo no desenvolvimento do PCK em licenciandos em química durante o estágio supervisionado. **Revista de Educación en Ciencias**, Bogotá, v. 2, n. 14, p. 74-78, 2013.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

ROLLNICK, M. et al. The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: a case study of south african teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. **International Journal of Science Education**, London, v. 30, n. 10, p. 1365-87, 2008.

SHULMAN, L. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, Cambridge, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

_____. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, Washington, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

TAMIR, P. Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. **Teaching & Teacher Education**, Amsterdam, v. 4, n. 1, p. 99-110, 1988.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação de professores**. Petrópolis: Vozes, 2002.

VAN DRIEL, J. H.; DE JONG, O.; VERLOOP, N. The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. **Science Education**, Hoboken, v. 86, n. 4, p. 572-90, 2002.

ZABALA, M. A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1988.