

Kristianne Lina Figueirêdo

**FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES
DE QUÍMICA BUSCANDO INOVAÇÃO,
AUTONOMIA E COLABORAÇÃO:**

*Análise do desenvolvimento de seus conhecimentos
sobre modelagem a partir do envolvimento em
pesquisa-ação em um grupo colaborativo*

Belo Horizonte

2008

Kristianne Lina Figueirêdo

**FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE QUÍMICA BUSCANDO
INOVAÇÃO, AUTONOMIA E COLABORAÇÃO: *Análise do desenvolvimento
de seus conhecimentos sobre modelagem a partir do envolvimento em
pesquisa-ação em um grupo colaborativo***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Rosária da Silva Justi.

Belo Horizonte

Faculdade de Educação da UFMG

2008

AGRADECIMENTOS

Antes de agradecer àqueles que muito amo, agradeço Àquele que me amou primeiro, que antes de eu existir, já sonhava com a minha vida e planejava tamanhas vitórias para mim: a Ti, meu Deus, rendo graças e exalto o Teu nome para que todos saibam que foi o Senhor quem me capacitou e me deu forças para chegar tão longe. Aqueles que amo depois de Ti, elevaram aos céus orações em favor de mim, e o Senhor os ouviu, por isso eu Te agradeço, por mais essa benção em minha vida.

Continuando meus agradecimentos, ainda nessa dimensão espiritual, agradeço ao meu pai, que tanto me ensinou com seus conselhos e exemplos concretos de perseverança e humildade e selou em mim muitas de suas virtudes, inclusive o amor por essa profissão. Pai, obrigada por essa herança e por ter sido esse grande exemplo em minha vida.

Muito obrigada também à minha Mãe, para mim um exemplo de mulher forte e guerreira, que lutou contra tudo e todos para me oportunizar sonhar e conquistar os meus sonhos.

Carinhosamente agradeço a toda minha família, minhas irmãs, tios, avós, padrinhos e cunhadas, que sinceramente eu sei que torceram e torcem por mim. Agradeço especialmente ao meu eterno namorado pela compreensão, apoio e incentivo nos momentos em que mais precisei e pela perseverança, afinal, reconheço que em alguns momentos não fui a melhor companhia.

Referindo-me agora à minha segunda família, o meu grupo de pesquisa, agradeço a todos pelas preciosas contribuições, mesmo que indiretas, para minha formação profissional e pessoal, pois além de estudarmos juntos, compartilhamos intensos momentos de alegria e de frustrações, que me fizeram crescer muito. Dentro desse grupo gostaria de agradecer especialmente a duas pessoas: ao meu ‘anjo da guarda’, Poliana Flávia, e à minha grande amiga, Paula Cristina. À Poliana, pela presença salvadora no dia da inscrição para o processo seletivo do mestrado, e à Paula, pelos fins de semana de estudos para as provas de seleção. É claro que esses

não foram os únicos momentos em que vocês foram especiais, mas certamente eles foram muito significativos.

E, finalmente, agradeço à pessoa que foi a grande responsável por reunir *tanta gente boa em um grupo só* pelo seu carisma e paixão pelo o que faz, que são contagiantes, além da grande competência e profissionalismo: minha orientadora Rosária. Imagino que não foi fácil lidar com tantos orientandos ao mesmo tempo, mesmo assim você sempre estava disponível para me ouvir, fosse para discutirmos assuntos acadêmicos ou pessoais. Dentre outras coisas, essa sua virtude me chamou muita atenção, me fazendo admirá-la pela profissional e pessoa que é. Rosária, muito obrigada por todos os conselhos e ensinamentos, foi indescritivelmente prazeroso trabalhar com você. Deus te abençoe.

RESUMO

Este projeto fundamentou-se em uma perspectiva de formação docente orientada pela racionalidade prática. O projeto se caracterizou pelo envolvimento de professores de química em um grupo colaborativo de pesquisa-ação que tinha como objetivo geral promover o desenvolvimento dos conhecimentos destes sobre modelos e modelagem no ensino de química. O processo de formação foi realizado em 24 encontros quinzenais, projetados segundo o Modelo de Raciocínio Pedagógico (Wilson, Shulman & Richert, 1987 *apud* Feldman, 1996) docente, com duração de três horas, que foram divididos em dois grandes momentos: (i) a instrução dos professores sob uma perspectiva construtivista, na qual se desenvolveu abordagens teórica e prática sobre modelos e modelagem na ciência e no ensino de ciências, e (ii) a realização de uma pesquisa-ação colaborativa pelos participantes, a qual envolveu essencialmente a elaboração de uma estratégia de ensino, para um tópico específico da disciplina, baseada no diagrama Modelo de Modelagem (Justi & Gilbert, 2002), a aplicação dessa estratégia pelos professores em seus respectivos contextos de sala de aula e as discussões e reflexões para, na e sobre cada uma dessas etapas compartilhadas dentro o grupo.

Este projeto buscou investigar as influências (i) da participação em um projeto de formação continuada a partir da colaboração e da pesquisa-ação no desenvolvimento do conhecimento das professoras sobre modelos e modelagem e (ii) da condução de uma pesquisa-ação colaborativa em suas práticas docentes.

Duas professoras foram investigadas usando os registros em vídeo de todos os encontros do grupo e das aulas nas quais elas aplicaram a estratégia de ensino, além de entrevistas individuais conduzidas em diferentes momentos do processo. A análise dos resultados indicou que: (i) as professoras demonstraram uma evolução significativa em seus conhecimentos; (ii) suas práticas docentes sofreram mudanças, dentro das limitações de seus contextos escolares; (iii) as mudanças na prática pareceram estar associadas aos vários momentos de reflexões das professoras sobre o processo vivenciado e suas auto-reflexões sobre sua prática e elas mesmas como professoras.

ABSTRACT

This project was based on a teachers' development perspective oriented by the practical rationality. It was characterised by the involvement of chemistry teachers in a collaborative group which aimed at promoting teachers' knowledge about models and modelling in chemistry teaching development. The process has occurred in 24 three hours fortnightly meetings planned according to the Pedagogical Reasoning Model (Wilson, Shulman & Richert, 1987 *apud* Feldman, 1996). The meetings were divided into two moments: (i) the teachers' instruction that, from a constructivist perspective, developed theoretical and practical approaches about models and modelling in science and in science teaching, and (ii) the conduction of a collaborative action-research by the participants, which included the production of a teaching strategy for a specific chemistry topic – based on the Model of Modelling diagram (Justi & Gilbert, 2002) –, the use of such strategy in each of the teachers' classes, and discussions and reflections for, in, and about each one of these stages in the context of the group.

This project aimed at investigating the influences (i) of the participation on a teachers' training project based on collaboration and action-research into the development of teachers' knowledge about models and modelling, and (ii) of the conduction of a collaborative action-research into teachers' practices.

Two teachers were investigated by (i) the use of the video-recordings of both all group meetings and the classes in which they used the teaching strategy, and (ii) individual interviews conducted throughout different stages of the process. The analysis of the results made evident that: (i) the teachers showed a significant evolution in their knowledge; (ii) their teaching practices were changed, but such changes were limited by their school contexts; (iii) their teaching practices changes seem to be associated with several moments of teachers' reflections about the whole process and with their auto-reflections about both their practices and themselves as teachers.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
SUMÁRIO	vii
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
UMA AUTO-REFLEXÃO: MOTIVAÇÕES PESSOAIS	1
OS DESAFIOS DO ENSINO DE QUÍMICA: UM MODELO COGNITIVO DE APRENDIZAGEM.....	6
A MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA.....	9
IDENTIFICAÇÃO DAS QUESTÕES DE PESQUISA: OBJETIVOS GERAIS E QUESTÕES DE PESQUISA.....	18
UMA BREVE DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	20
CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA	22
FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES NO BRASIL: UM CENÁRIO PARA DISCUSSÃO.....	22
DISCUTINDO OS CONHECIMENTOS DOS PROFESSORES	27
CONSTRUINDO UMA CONCEITUAÇÃO DE PESQUISA-AÇÃO A PARTIR DE UMA RELEITURA DA LITERATURA.....	40
O CONTEXTO DE UM GRUPO COLABORATIVO	51
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA.....	57
CONTEXTO DA COLETA DE DADOS	57
DESCRIÇÃO DOS ENCONTROS DO GRUPO COLABORATIVO	58
SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	71
METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS	73
CATEGORIAS GERADAS PARA A ANÁLISE DE DADOS	76
METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS.....	81
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	84
INTRODUÇÃO.....	84
ESTUDO DE CASO DA PROFESSORA CARLA	85
ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS DA PROFESSORA CARLA.....	108
ESTUDO DE CASO DA PROFESSORA HELEM	132
ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS DA PROFESSORA HELEM	169
CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES.....	199

QUAIS AS INFLUÊNCIAS DA PARTICIPAÇÃO EM UM PROJETO DE FORMAÇÃO CONTINUADA A PARTIR DA COLABORAÇÃO E DA PESQUISA-AÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DOS CONHECIMENTOS DAS PROFESSORAS SOBRE MODELOS E MODELAGEM?	200
COMO O DESENVOLVIMENTO DE UMA PESQUISA-AÇÃO COLABORATIVA INFLUENCIOU EM SUAS PRÁTICAS DOCENTES?	210
IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA E A PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS	214
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	217
ANEXOS.....	223
ANEXO I – QUADRO EXPLICATIVO DAS ORIENTAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	223
ANEXO II – MODELO DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS PELOS PROFESSORES APÓS OS WORKSHOPS NO GRUPO COLABORATIVO	225
ANEXO III: TCLE ASSINADO PELAS PROFESSORAS PARTICIPANTES DA PESQUISA ...	226
ANEXO IV: TCLE ASSINADO PELOS PAIS (OU RESPONSÁVEIS) DOS ALUNOS PARTICIPANTES DA PARTE DE PESQUISA-AÇÃO DO PROJETO	229
ANEXO V: MODELO DO PRIMEIRO QUADRO DE ANÁLISE ELABORADO	232

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

UMA AUTO-REFLEXÃO: MOTIVAÇÕES PESSOAIS

Sempre que faço leitura de livros, me interesso muito pelas páginas iniciais, nas quais os autores, freqüentemente, relatam seus sentimentos e experiências que motivaram a obra em questão. Para mim, conhecer a intencionalidade do autor modifica completamente o olhar sobre a leitura da obra, dando mais vida e significado à mesma. Partindo dessa opinião pessoal, gostaria de começar meu trabalho apresentando minhas motivações que culminaram na construção dessa dissertação.

Desde criança eu queria “ser professora quando eu crescesse” e, sinceramente, nunca mudei de idéia, mesmo sendo comum os anseios das crianças/adolescentes/jovens transitarem entre várias profissões. Em minha infância, minha brincadeira preferida era “*dar aulinhas*”, fosse para alunos fictícios, para minhas irmãs ou para meus colegas de escola, uma rotina que foi se intensificando a cada etapa escolar.

Embora esse início pareça com aquelas falas de artistas, que dizem ter sonhado com sua vocação desde pequenos, isso realmente condiz com a minha história. E, ainda que alguns leitores possam considerar esse sonho como algo fácil de ser alcançado, cursar uma universidade não era algo compatível com a realidade financeira da minha família. Como se não fosse suficiente essa limitação, eu ainda ouvia meus familiares criticarem e dizer que ser professor não ‘valia a pena’, que ‘não dava dinheiro e dava muito trabalho’. Que o retorno financeiro não era tão bom eu sabia – meu pai era professor –, mas isso não me incomodava, pois ver a aprendizagem dos meus colegas-alunos me fazia sentir uma satisfação incomparavelmente maior do que ter uma recompensa financeira. Diante disso, para tomar a decisão de prestar vestibular para professora (no caso, Licenciatura em Química), levei em consideração um conselho que recebi de meu pai. Um dia conversando comigo, ele me disse que se isso fosse me fazer feliz, que eu não

desistisse porque ele amava o que ele fazia a mais de 20 anos. Naquele momento tive certeza de que queria ser como ele e que eu ia conseguir.

Com a graça de Deus, fui aprovada em meu primeiro vestibular e, ao ingressar na Universidade (UFMG) em 2001 para fazer o curso de Química, eu tinha certeza de que queria ser professora e, mais especificamente, tinha preferência por lecionar para estudantes do Ensino Médio. As motivações iniciais eram: (i) gostar dos conteúdos da disciplina correspondentes a essa etapa de formação; (ii) trabalhar com jovens/adolescentes da faixa etária correspondente, mesmo dentro das variações possíveis – sempre adorei lidar com eles e, principalmente (iii) o perceptível desafio que era ensinar química no sentido de favorecer uma aprendizagem efetiva e despertar o interesse dos estudantes.

Essas motivações emergiram das minhas experiências escolares. Mantendo a rotina de ensinar os meus colegas, fosse química ou outro conteúdo, eu passei a refletir sobre como alguns professores conseguiam não se importar com as dificuldades dos alunos, ou ainda, não saber como lidar com elas, como se nunca tivessem sido alunos. Diante disso, minhas pretensões resumiam-se em um pensamento: *“Vou lecionar Química para provar que podem existir bons professores e que todos podem aprender mais facilmente essa disciplina.”* Pode até parecer um tanto arrogante, mas não era essa a intenção. Eu simplesmente tinha certeza de que poderia ser uma boa professora, pois se eu conseguia entender as dúvidas dos meus colegas e esclarecê-las, eu poderia fazer o mesmo pelos meus alunos.

O curso na UFMG me abriu muitas portas nesse sentido. Quando comecei a cursar a disciplina Instrumentação para o Ensino de Química (IEQ), em 2003, aprendi muito sobre as novas propostas para o ensino, comecei a descobrir várias possibilidades de inovações e métodos que poderiam favorecer a aprendizagem dos estudantes. Contudo, vislumbrava algumas coisas como ideais, mas não possíveis ou aplicáveis a quaisquer ambientes escolares. De qualquer forma, essa etapa foi muito importante para minha formação, pois, até então, eu pensava que já sabia o suficiente

para ir para a sala de aula. Antes dessa fase da minha formação, minhas referências de práticas de ensino eram professores anteriores que, a meu ver, tinham sido bons professores.

Foi muito interessante perceber como minha visão de professora de Química foi sendo construída. Fui percebendo especificidades do ensino dessa disciplina e habilidades que eu teria que desenvolver para atuar na sala de aula, nas quais nunca havia pensado antes. Na disciplina Prática de Ensino de Química I, no ano seguinte, tive oportunidade de colocar algumas das propostas de ensino discutidas em IEQ em prática e avaliar seus resultados. Esse aprendizado foi ainda mais consolidado e algumas coisas que me pareciam utópicas, se tornaram mais reais, pois eu passei a acreditar nelas. Ao final dessa etapa, comecei a me sentir verdadeiramente formada como professora de química.

Na disciplina de Prática de Ensino de Química II, desenvolvemos uma proposta de ensino baseada em projetos temáticos¹ e aplicamos a mesma no período do estágio supervisionado. Tendo reconhecido um grande potencial dessa proposta no ensino e já atuando como professora, me interessei em transmiti-la a outros professores com os quais trabalhava. Entretanto, não sabia como explicá-la, pois senti falta de uma metodologia mais sistemática que descrevesse o desenvolvimento de projetos temáticos em escolas. Isso me levou a definir, como projeto de Monografia de Conclusão de Curso, no segundo semestre de 2004, uma pesquisa sobre a Pedagogia dos Projetos Temáticos. Para tal, pesquisei, em um grupo de formação continuada de professores, o que os docentes participantes sabiam sobre isso e como desenvolviam projetos temáticos em suas classes. O que percebi ao final do trabalho, embora não tivesse sido o foco inicial da pesquisa, foi que a maioria dos professores pensava já ter desenvolvido projetos temáticos em suas salas de aula, mas não entendia bem a

¹ Resumidamente, os projetos temáticos podem ser compreendidos como uma proposta interdisciplinar de ensino desenvolvida em torno de um tema, relacionado ao cotidiano dos estudantes.

proposta, de modo que, muitas vezes os resultados não eram satisfatórios e a “culpa” era atribuída ao método.

A partir desse trabalho de Monografia, comecei a me interessar muito pela formação de professores. O mais interessante foi confrontar esse meu interesse com uma opinião que eu havia construído até então. Através da minha experiência escolar, como estudante e professora (nesse período eu já lecionava há 2 anos), eu elaborei um pré-conceito em relação a professores que não ensinavam bem porque pareciam não saber a matéria ou porque não conseguiam transmiti-la. Em minha visão, eles não gostavam do que faziam e, por isso, faziam de qualquer jeito. Ao final de minha formação acadêmica, passei a reconhecer que isso existe, mas não é generalizável. Existem professores que *‘erram’* tentando fazer o melhor e/ou não sabem que estão *‘no caminho errado’*, e não mudam porque sequer sabem das possibilidades de mudanças.

Passei a questionar então, de que valem boas propostas apenas no papel, de que valem um ou dois professores colocarem-nas em prática sozinhos, e quão lamentável é ver uma boa proposta ser tachada como ruim por falta de conhecimento e habilidade de colocá-la em prática. Percebi, também, que lidar com esses pontos seria uma tarefa dos pesquisadores da educação, que percebem, com mais clareza, falhas e necessidades na formação dos professores. Enfim, acreditei que boas propostas precisavam ser passadas para frente, mas não de qualquer jeito. Assim como nossos alunos precisam construir seus próprios conhecimentos, quando entramos em uma sala de aula e nos sentamos em carteiras de estudantes, somos simplesmente aprendizes, com as mesmas necessidades e características cognitivas, independentemente do que fazemos ou somos fora dali.

Nessa perspectiva, ao final de minha graduação, decidi escrever um projeto de pesquisa sobre formação de professores e me candidatar ao Mestrado em Educação. Ao entrar em contato com a professora Rosária, pude conhecer outra excelente proposta de metodologia para o ensino de química que se baseia em um processo de

construção e testes de modelos: a modelagem. Estudando melhor sobre essa estratégia de ensino, decidi focar minha pesquisa nessa direção, pois os projetos temáticos pressupunham um enfoque interdisciplinar em sua realização, o que ampliaria muito os limites do meu trabalho, tornando-o inviável de ser realizado no prazo definido para a conclusão do Mestrado.

Desde então, tenho me dedicado a descobrir quais os melhores caminhos a serem traçados para reavivar, naqueles que são professores por vocação, como eu, a satisfação de ser um educador. No tocante do ensino de química, ao qual me direciono neste trabalho, o que passei a inferir no decorrer dessa busca é que (i) transmitir aos professores propostas como as da modelagem – que têm potencial para promover um ensino mais efetivo e prazeroso da disciplina –, de modo a promover o desenvolvimento do conhecimento teórico e prático do professor sobre as mesmas e levar o professor a acreditar nelas, pode favorecer o docente a ser mais flexível e disponível a mudanças e **inovações** em sua rotina de sala de aula; (ii) incentivar e permitir que o professor pesquise os resultados dessas mudanças em sua própria prática, reflita sobre elas e adapte as mesmas buscando uma adequação cada vez melhor ao seu contexto pode levá-lo a reconhecer o seu verdadeiro valor e sua **autonomia** para julgar o que é melhor para seus alunos e mudar quando preciso e (iii) discutir, conversar, trocar experiências com outros professores pode acentuar os benefícios desse processo, pois a **colaboração** pode favorecer que o professor amplie sua visão sobre o contexto escolar, sobre as necessidades dos seus estudantes e passe a visualizar o processo de ensino como ele realmente deve ser, construído pelo coletivo de professores de mesma área e de áreas distintas que atuam em uma mesma escola ou nível de ensino.

Dando continuidade, então, à introdução deste trabalho, apresento e discuto os aspectos que, dentro do contexto educacional, motivaram a proposta desta pesquisa.

OS DESAFIOS DO ENSINO DE QUÍMICA: UM MODELO COGNITIVO DE APRENDIZAGEM

Algo que tem sido consenso entre muitos educadores atualmente é que um ensino baseado na memorização de informações, promovendo o desenvolvimento de entendimentos superficiais e um conhecimento inerte, não contribui para modificar as idéias que os alunos trazem para a sala de aula, chamadas na literatura de concepções alternativas² (Barab, Hay, Barnett, & Keating, 2000). O conhecimento que os estudantes adquirem dessa instrução tradicional tende a ser fragmentado e difuso, promovendo uma aprendizagem que não tem ido além da memorização de fatos, equações ou procedimentos, uma vez que eles não conseguem acomodar as informações recebidas porque elas, freqüentemente, se distanciam de suas concepções prévias.

A percepção desses fatores tem refletido no reconhecimento da necessidade de inserção do estudante em seu próprio processo de aprendizagem, deixando de ser um mero receptor de informações e passando a participar ativamente de seu processo de formação. Estes argumentos sugerem um modelo cognitivo de aprendizagem baseado numa perspectiva construtivista, onde a 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.

Em ciências, especificamente, várias discussões têm ocorrido a respeito de como seu ensino tem sido promovido e sobre possíveis mudanças no mesmo (Wellington, 2001; Hodson, 2003). Alguns documentos como o *Beyond 2000: Science Education for the Future* (Millar & Osborne, 1998), *Science for All Americans* (AAAS, 1998), e os PCN (Brasil, 2000) têm apresentado novas diretrizes e novos objetivos para

² Entende-se por concepção alternativa qualquer conceito cujo significado seja diferente daquele comumente aceito pela ciência para o mesmo termo.

o ensino. *Science for All Americans*, por exemplo, definiu uma pessoa cientificamente instruída como:

“alguém que é ciente de que ciência, matemática e tecnologia são empreendimentos humanos interdependentes com poderes e limitações; entende conceitos chave e princípios da ciência; é familiarizado com o mundo natural e reconhece tanto sua unidade como sua diversidade; e usa o conhecimento científico e caminhos científicos do pensamento para propósitos individuais e sociais.” (AAAS, 1998, p. 4)

Diante da amplitude dessa instrução *ideal* e do perfil atual da metodologia de ensino tradicional, é nítida e urgente a necessidade de se identificar os aspectos que têm limitado a aprendizagem dos estudantes, assim como o desenvolvimento e efetiva implementação de novas propostas para o ensino de ciências.

Delimitando essa discussão ao foco desse projeto e, portanto, direcionando esse conhecimento científico a uma disciplina escolar específica, a literatura também tem apontado que os estudantes têm grandes dificuldades em aprender Química. Uma resposta emergente para este fato é que muitos estudantes não estão construindo significados apropriados de conceitos fundamentais desde o início de seus cursos. Portanto, eles não conseguem compreender adequadamente os conceitos mais avançados que dependem desses fundamentos (Nakhleh, 1992).

A constatação dessa situação pela detecção e análise de várias concepções alternativas dos alunos, bem como a geração dessas concepções pelas abordagens de livros didáticos ou mesmo exposições do professor, nos leva a um questionamento do modelo tradicional de ensino.

Estudos sobre a aprendizagem de conceitos químicos têm mostrado que, dada a abstração dos conceitos fundamentais (como átomo, ligação, etc.), os estudantes constroem seus próprios significados a partir das informações fornecidas, baseando-se em seus conhecimentos, atitudes, habilidades e experiências prévias. Desta maneira, quanto mais vagas ou distantes de seus conhecimentos prévios forem as informações

fornecidas, mais “alternativas” tenderão a ser as concepções acomodadas por eles. Isto se dá porque as idéias que os alunos trazem para a sala de aula – elaboradas em situações cotidianas ou em anos anteriores de escolaridade – dão suporte às explicações que eles precisam elaborar. Em geral, elas estão firmemente arraigadas na estrutura cognitiva dos alunos sendo, portanto, muito resistentes à mudança (Eylon & Linn, 1988; Treagust, Duit & Fraser, 1996 apud Justi & van Driel, 2005).

Pesquisas sobre essas questões educacionais que apontam os fatores concebidos como responsáveis pelas falhas no ensino, deficiências de aprendizagem, dentre outros, e que sugerem realizações de reformas são freqüentes na literatura dessa área. Contudo, na maioria das vezes, as reformas propostas por elas não atingem as metas projetadas e acabam demandando novas pesquisas, identificação de novos fatores e outras mudanças. Henson (1996) aponta que isso acontece porque o processo de implementação das mudanças negligencia o papel do professor, não conferindo a ele sua devida importância. Em outras palavras, o envolvimento do professor é fundamental para que ocorram quaisquer mudanças no processo educacional, pois, embora não decida diretamente e/ou individualmente sobre elas, é ele quem as concretiza, ou não, em sua sala de aula.

Quando falamos, então, de mudanças nas perspectivas de ensino, pressupomos ser necessária uma formação adequada do professor, e não uma mera informação sobre o que está sendo proposto. Recorrendo às discussões anteriores sobre o modelo cognitivo de aprendizagem dos estudantes, quando usamos o termo *formação*, estamos associando ao professor o papel de aprendiz. Nesse caso, para não sermos incoerentes com nosso próprio discurso, assumimos que o ambiente de aprendizagem deve também ser promovido sob a perspectiva construtivista. Isso significa que pressupomos um engajamento ativo do professor em seu processo de formação, expondo e discutindo suas concepções e conhecimentos prévios, analisando e refletindo criticamente sobre sua prática, buscando mudanças e melhoras na mesma

através da construção consciente de novos conhecimentos partindo de suas experiências e crenças.

As seções que darão continuidade a essa contextualização da pesquisa, irão apresentar uma proposta de metodologia de ensino de química recente, a qual nós concebemos ter um grande potencial para promover um ensino efetivo (segundo os pressupostos já apresentados) dessa disciplina, e discutir uma proposta de como formar os professores de química de modo a favorecer a implementação adequada da estratégia de ensino, bem como mudanças e melhorias em suas práticas.

A MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

“O único modo de bem julgar a maneira pela qual são afetados os homens é colocarmo-nos, de algum modo, em seu lugar e lembrarmos as impressões que nós mesmos experimentamos em circunstâncias semelhantes.

Quando comecei a fazer, pela primeira vez, um curso de Química, fiquei surpreso de ver quanta obscuridade cercava a abordagem desta Ciência, muito embora o professor que eu escolhera passasse por ser o mais claro, mais acessível aos principiantes, e ele tomasse infinitos cuidados para se fazer entender.”

(Sobre a Maneira de Ensinar a Química³, A. L. Lavoisier)

No primeiro parágrafo do trecho acima, Lavoisier nos remete a uma reflexão aparentemente simples: todos nós somos capazes, de alguma forma, de refletir criticamente e avaliar circunstâncias que, um dia, já tenhamos vivenciado. Delimitando esse pensamento dentro do contexto educacional, podemos entender que, como todos nós já fomos alunos e convivemos com tantos outros colegas, temos, mesmo que intuitivamente, uma impressão do que foi mais fácil ou difícil, melhor ou pior, no processo de ensino e de aprendizagem em geral. Isso nos remete ao fato de que, para aqueles que hoje se encontram na posição de educadores, recorrer a essa auto-

³ Este é um manuscrito inédito que foi transliterado para o francês moderno e a pontuação adicionada para facilitar a leitura. O texto em francês foi publicado como apêndice ao artigo de Bernadette Bersaude-Vicent, “A View of the Chemical Revolution through Contemporary Textbooks: Lavoisier, Fourcroy and Chaptal”, em *British Journal of the History of Science*, 23, 435-460, 1990. A tradução brasileira é do prof. Luiz Otavio Fagundes Amaral, do Departamento de Química-ICEx, UFMG.

reflexão pode ser um caminho para entender melhor as dificuldades de seus estudantes e promover mudanças e/ou melhoras no processo de ensino, a começar por sua sala de aula.

Direcionando o ensino a um cenário mais específico e fazendo inferências a partir do segundo parágrafo da citação, a Química parece se apresentar com uma das disciplinas mais difíceis de ser ensinada e compreendida. Pela fala de Lavoisier pode-se perceber, inclusive, que essa realidade não é tão fácil de ser superada, ou seja, não depende unicamente da “boa vontade” do professor.

Submetendo esse segundo parágrafo a uma reflexão à luz do primeiro, convidamos o leitor a um questionamento: Quais de nós, enquanto estudantes e/ou professores, não vivenciamos a dificuldade de se aprender os conteúdos dessa área, ou percebemos colegas de sala passarem por isso, ou, ainda, ouvimos comentários de nossos alunos sobre suas limitações ou aversões para aprender química?

Como apresenta Lavoisier, essa enfática dificuldade está associada a uma das características mais marcantes da Química, a qual ele se refere como ‘obscuridade’: seu elevado grau de abstração. Isso é um reflexo de as principais idéias e os conceitos mais fundamentais dessa área serem, na maioria das vezes, expressos a partir de modelos, entendidos aqui como representações parciais não-únicas de um objeto, evento, processo ou idéia, focando um aspecto específico deste (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000). Dessa forma, entendemos que o ensino de química deve favorecer uma aprendizagem sobre a natureza e o uso dos modelos, antes da aplicação dos mesmos nos diversos tópicos da disciplina.

É importante que os alunos compreendam que (i) os modelos não são cópias da realidade, mas uma representação elaborada para explicá-la; (ii) os modelos hoje estabelecidos, aceitos pela comunidade científica, passaram por uma série de reformulações com o passar do tempo a fim de ampliar sua abrangência; (iii) sendo modelos, eles são limitados por não explicarem todos os fenômenos observados ou

por não proporcionarem as devidas previsões e, (iv) existe a possibilidade de se ter mais de um modelo para uma mesma entidade modelada.

Para que esses aspectos sejam ensinados em sala de aula, é preciso que o professor também os compreenda, o que, em geral, ainda não condiz com a realidade. As características citadas acima não podem coexistir com uma concepção freqüente nas salas de aula de ciências de que existem modelos certos, entendidos até como definitivos, e modelos errados. Essa visão desvincula dos modelos o caráter dinâmico de evolução, a existência de limitações, a multiplicidade etc.

Buscando primeiramente esclarecer como os modelos são construídos na ciência para que, em um segundo momento, possamos direcionar essa idéia ao ensino de química, apresentamos, na figura 1, o diagrama Modelo de Modelagem⁴, proposto por Justi e Gilbert (2002), que descreve uma visão das etapas desse processo.

De acordo com a visão expressa no diagrama, inicialmente, deve-se definir os objetivos para os quais o modelo será construído. Em seguida, o indivíduo deve ter alguma experiência com o fenômeno a ser modelado – através de observações ou aquisição de informações presentes em sua própria estrutura cognitiva ou por fontes externas.

Através da (i) obtenção e organização de experiências relevantes, (ii) seleção de uma origem adequada (por exemplo, uma analogia) e (iii) da criatividade e raciocínio do indivíduo, um modelo mental inicial é elaborado. Depois disso, a próxima decisão a ser tomada é relativa ao modo de representação do modelo mental (Justi R. , 2006). Após ter sido expresso, o modelo passa por uma etapa de testes que pode acontecer através de experimentos mentais ou de experimentos empíricos (isso irá depender da entidade modelada e de quais são os recursos disponíveis). Caso algumas das previsões feitas a partir do modelo inicial sejam incoerentes com os resultados obtidos

⁴ Processo de elaboração e testes de modelos.

nos testes (falha), torna-se necessário modificá-lo, reformulando o modelo expresso e retomando as etapas seguintes, ou mesmo rejeitá-lo e propor um novo modelo, retomando a etapa inicial do processo.

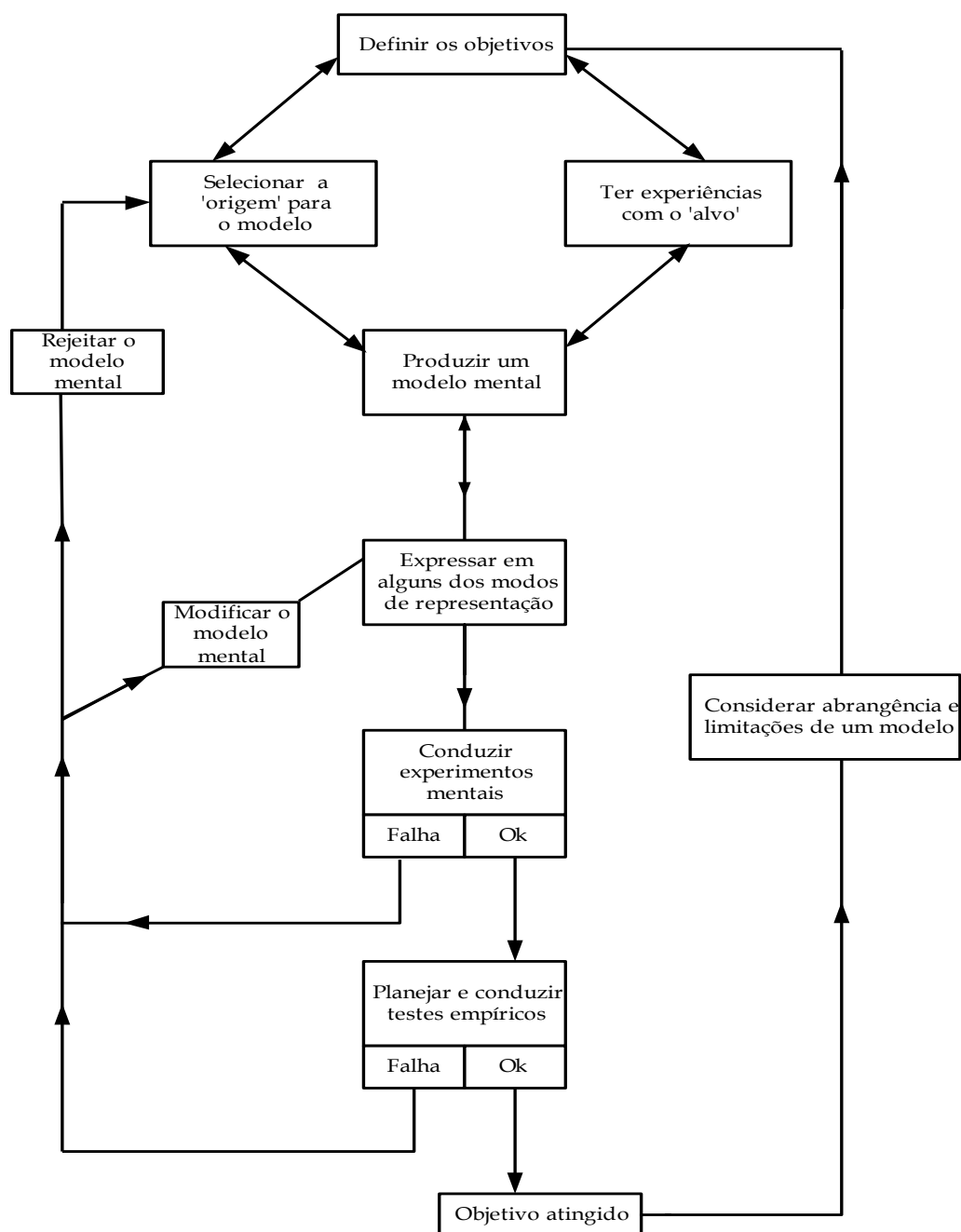


Figura 1. Diagrama Modelo de Modelagem (Justi & Gilbert, 2002, p. 371).

Contudo, se o modelo expresso for bem sucedido na fase de testes e satisfizer os propósitos estabelecidos inicialmente, esse deve ser socializado e submetido à revisão dos pares (outras pessoas deverão reconhecer, ou não, sua validade), além de serem levantadas suas abrangências e limitações.

É muito importante, ao se trabalhar sob esse referencial, compreender que ao tomar por base o processo de construção de modelos por cientistas, as etapas do diagrama não seguem, necessariamente, uma seqüência linear, e como demonstrado na figura 1, tampouco unidirecional.

Tendo em vista esta visão de como os modelos são construídos na ciência e o modelo cognitivo para como os alunos constroem seus próprios significados (apresentado na seção anterior), é possível identificar uma afinidade entre esses dois processos de forma a visualizar que, uma transposição do diagrama Modelo de Modelagem para o ensino, buscando favorecer uma comunicação adequada entre essas duas dimensões, pode promover as condições para que os alunos aprendam ciência, sobre ciência e a fazer ciência (aprendizagem conceitual, procedimental e atitudinal, segundo Nogueira (2003)).

Pesquisas realizadas sobre o desenvolvimento de estratégias⁵ de modelagem no ensino de química (Ferreira & Justi, 2005; Ferreira & Justi, in print; Justi & Mendonça, 2007; Mendonça & Justi, 2007) corroboram essa previsão ao apontarem que elas podem favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos e/ou habilidades dos estudantes em termos de:

- um determinado conteúdo, à medida que os estudantes vão modificando suas concepções alternativas sobre o mesmo;

⁵ Proposta de ensino de um conteúdo químico construída a partir de uma adaptação dos passos do diagrama para o contexto de sala de aula. Frequentemente corresponde a uma seqüência de atividades, realizadas pelos estudantes, distribuídos em grupos, sob a orientação do professor.

- a elaboração de hipóteses para solucionar ou explicar um determinado problema;
- a capacidade de explicitação e exposição para revisão dos pares de suas idéias, além de discussões buscando um consenso;
- a natureza dos modelos e a construção dos mesmos na ciência;
- uma visão mais crítica sobre ciência, principalmente no que se refere a aplicações dessa em seu cotidiano.

Sob a influência desses resultados, reconhecemos neste trabalho que essa metodologia de ensino é capaz de contemplar os pressupostos já descritos para um ensino de química mais efetivo. Também como já enfatizamos, é extremamente indispensável reconhecer o papel fundamental do professor nesse processo para que ele se concretize nas salas de aula.

Devido às especificidades dessa proposta de ensino e às suas consideráveis diferenças da prática tradicional, reservamos uma seção especialmente para descrever e discutir o papel do professor na mesma.

O papel do professor e a relevância da pesquisa

Tendo em vista que o reconhecimento do papel de modelos e modelagem no ensino de ciências é recente, professores dessa área não têm sido adequadamente preparados com conhecimentos e habilidades necessários para ensinar em uma perspectiva que é focada no entendimento dos estudantes sobre a natureza da ciência (Justi & van Driel, 2005). Justi e Gilbert relatam que:

“a maioria dos professores não possuem um amplo conhecimento e práticas relacionadas à construção de modelos requeridos para que os estudantes aprendam ciências nesta perspectiva e, sequer, têm uma formação apropriada sobre a natureza da ciência.” (Justi & Gilbert, 2002, p. 384)

Muitas das iniciativas tomadas tentando melhorar a formação do professor para a atuação em atividades de construção de modelos (por exemplo, Crawford & Cullin, 2004) estiveram focadas apenas no conhecimento declarativo dos professores sobre modelos e modelagem, não contemplando aspectos relativos a como utilizar atividades de modelagem no ensino. Entretanto, a partir da premissa de que o conhecimento de conteúdo é um dos conhecimentos essenciais para fundamentar a ação docente, os professores somente estarão aptos a sustentar e conduzir o processo de construção de modelos em suas salas de aulas se eles apresentarem uma compreensão clara da utilização de modelos em ciência e, sobretudo, uma concepção de ensino que vislumbre o estudante como protagonista na construção de seus próprios conhecimentos.

A proposta de ensino através da modelagem, seguindo o referencial do diagrama Modelo de Modelagem (Figura 1), pressupõe que o professor atue como facilitador do processo, dando suporte aos estudantes de forma a engajá-los na construção de modelos, a favorecer a evolução das idéias deles, sem, porém, julgar os modelos dos estudantes como corretos ou incorretos (Justi, 2006). Para tal, esse trabalho reconhece como necessário que o professor desenvolva os seguintes conhecimentos e habilidades:

- Compreender bem a natureza e o uso dos modelos para definir conscientemente os objetivos e apresentá-los claramente aos estudantes;
- Conhecer os conhecimentos prévios de seus alunos, bem como as concepções alternativas mais frequentes sobre o tema a ser trabalhado, para: (i) favorecer as experiências com o alvo necessárias para os estudantes realizarem a modelagem e (ii) identificar se a seleção para a origem do modelo que os estudantes fizeram é coerente – caso contrário, o professor deverá questioná-los de forma a ajudá-los a selecionar outra origem.

- Ajudar os estudantes no processo de construção do modelo mental, questionando-os sobre o que está sendo modelado, de modo a focar nos propósitos do modelo ou em algum aspecto que os ajude a pensar nisso (Ferreira & Justi, 2007).
- Ser capaz de prever os possíveis modelos a serem expressos pelos estudantes de modo a selecionar e disponibilizar diversos materiais para a produção de modelos concretos. Isso é importante para não limitar a criatividade dos estudantes e favorecer que os modelos expressos sejam, ao máximo, fiéis aos modelos mentais e, conseqüentemente, às reais idéias deles. Além disso, o professor deve encorajar os estudantes a expor e discutir as idéias deles com seus colegas de grupo, sem julgá-las como certas ou erradas, nem compará-las com as do modelo científico. Ao contrário, ele deve valorizá-las e reconhecer os modelos como coerentes, ou não, no contexto de construção dos mesmos. Para agir de tal maneira, o professor precisa reconhecer, dentre outras coisas, que não existe um modelo correto e que pode existir mais de um modelo para uma mesma entidade.
- Elaborar *questões geradoras*⁶ que desafiem os estudantes no sentido de conduzi-los a testar seus modelos em diversos contextos (experimentos mentais) e planejar experimentos para testes empíricos quando possíveis (o que vai depender da natureza da entidade modelada e dos objetivos do processo). Isso favorece que os estudantes questionem seus próprios modelos após conduzirem e analisarem criticamente os dados coletados na prática. O professor também deve valorizar os modelos que tiveram sucesso nos testes e auxiliar os estudantes cujos modelos falharam a reformular ou rejeitar os seus. Uma situação comum de ser promovida, após testes e reformulações

⁶ Vosniadou define questões geradoras como aquelas que: “não podem ser respondidas com base em informações ‘armazenadas’, mas requerem uma genuína resolução de um novo problema.” (Vosniadou, 2002, p. 360).

dos modelos, é a socialização dos mesmos para toda a turma, com o intuito de que os estudantes vivenciem um processo similar ao de construção do conhecimento na ciência. Para tal, é importante que o professor saiba conduzir bem as discussões, de modo a favorecer que os próprios alunos proponham questões geradoras promovendo a compreensão não apenas dos modelos em questão, mas do processo de construção do conhecimento científico.

- Promover a elaboração de um modelo consensual, assim que os objetivos forem alcançados, e ressaltar as abrangências e limitações do mesmo com a contribuição dos alunos.

De acordo com Barab *et al.* (2000), o ensino fundamentado em modelagem representa um grande desafio para o professor por ser completamente diferente de seu papel em um ensino tradicional. Conseqüentemente, também é um desafio para os programas de formação de professores, uma vez que os docentes freqüentemente resistem a modificar suas práticas. A partir de seu saber experiencial, muitas vezes os professores filtram as informações recebidas sobre novas metodologias de ensino de modo a adaptá-las aos seus contextos, sem gerar grandes mudanças nesse.

Assim, é importante que uma proposta de formação continuada relacionada com o ensino fundamentado em modelagem contemple duas fases: *promover o desenvolvimento do conhecimento dos professores* sobre modelos e modelagem, e *encorajar e dar suporte à sua aplicação na prática* de sala de aula.

Para satisfazer ambas as dimensões, concebemos ser importante projetar uma proposta de formação que reconheça, e leve em consideração, os conhecimentos prévios dos professores e como eles aprendem, além de favorecer a autonomia e a inovação em sua prática. Nesse sentido, entendemos que uma proposta na qual o professor participa de um grupo colaborativo com outros docentes e pesquisadores

(facilitadores), e desenvolve uma pesquisa-ação sobre sua própria prática, com o objetivo de melhorá-la, pode contemplar esses fatores.

Os argumentos que darão suporte à construção dessa proposta de formação continuada de professores de química, visando o desenvolvimento dos conhecimentos dos mesmos sobre o ensino por modelos e modelagem, serão apresentados no capítulo 2, através de uma revisão da literatura da área. Antes, porém, serão apresentados os objetivos gerais e questões de pesquisa desse trabalho com o intuito de que, no capítulo seguinte, o leitor acompanhe criticamente nossa revisão.

IDENTIFICAÇÃO DAS QUESTÕES DE PESQUISA: OBJETIVOS GERAIS E QUESTÕES DE PESQUISA

Com suporte nas discussões anteriores, o desenvolvimento desse projeto tem como principal propósito investigar os desenvolvimentos profissional e pessoal⁷ de professores de química, *se* eles ocorrem e *como* ocorrem, mediante o envolvimento dos mesmos em pesquisa-ação em um ambiente colaborativo. Para tal, alguns professores de química foram convidados a participar de um grupo colaborativo, que integrava um projeto de formação continuada dos mesmos⁸, onde seria discutido o ensino de química na perspectiva da modelagem e eles seriam incentivados a desenvolver uma pesquisa-ação de sua própria prática.

Os objetivos gerais do projeto de formação continuada eram fomentar e investigar o processo de desenvolvimento dos professores em relação a (i) seus conhecimentos sobre modelos e modelagem e a utilização desses conhecimentos em uso prática docente e (ii) suas ações como professores pesquisadores.

⁷ Por entendermos que mudanças na prática do professor (desenvolvimento profissional) implicam em mudanças no 'ser professor' (desenvolvimento pessoal).

⁸ Projeto de Formação Continuada de Professores de Química, desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Ensino de Química, Departamento de Química da UFMG, coordenado pela professora Rosária Justi e tendo como membros da equipe alunos do Mestrado em Educação e da Licenciatura em Química da UFMG.

Para alcançar essa meta e, sobretudo, promover uma formação significativa dos professores, o planejamento de cada um dos encontros do grupo ocorreu a partir de reflexões e discussões, entre a coordenadora e os membros da equipe, sobre os encontros anteriores e as manifestações, escritas ou verbais, dos professores participantes. O intuito era o de ajustar continuamente a proposta às necessidades e expectativas dos sujeitos envolvidos e favorecer um processo de formação mais efetivo.

Em nosso projeto de Mestrado, o objetivo geral é investigar os aspectos que implicam no desenvolvimento do *conhecimento dos professores*, especificamente sobre modelos e modelagem no ensino de química, e como isso reflete em modificações da prática dos mesmos. Nesse sentido, esta pesquisa pode ser caracterizada como uma pesquisa-ação sobre pesquisa-ação, uma vez que a investigação contínua da evolução dos professores dentro do grupo promoveu reflexões críticas e posteriores ações, da coordenadora, dos membros do grupo e da pesquisadora responsável por este projeto, no sentido de potencializar esse desenvolvimento docente, e gerou os dados necessários para a investigação das seguintes questões de pesquisa neste trabalho de Mestrado:

- Quais as influências da participação em um projeto de formação continuada a partir da colaboração e da pesquisa-ação no desenvolvimento do conhecimento⁹ das professoras sobre modelos e modelagem?
- Como o desenvolvimento de uma pesquisa-ação colaborativa influenciou em suas práticas docentes?

⁹ Os conhecimentos desenvolvidos pelos professores em um grupo colaborativo serão avaliados em duas dimensões: conhecimento de conteúdo e conhecimento de conteúdo pedagógico (Shulman, 1986; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999).

De acordo com a literatura que discute a formação de professores na perspectiva desse trabalho, essa proposta de pesquisa-ação sobre pesquisa-ação é validada, como exemplifica a afirmação de Tripp:

“Ao facilitar a pesquisa-ação, é importante que o facilitador também faça uma pesquisa-ação sobre sua facilitação, não só para melhorá-la, mas também para demonstrar excelente prática em pesquisa-ação para os facilitados (Tripp, 1996). Isso significa que os dois projetos de pesquisa-ação (...), podem operar sinergicamente. Cada uma delas levando à melhora da prática da outra.” (Tripp, 2005, p. 460)

Para que o significado das questões de pesquisa seja plenamente entendido pelo leitor, os pressupostos sob os quais essa pesquisa foi planejada são explicitados, a partir da revisão da literatura, no próximo capítulo.

UMA BREVE DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

No capítulo 2, através de uma ampla revisão da literatura, apresentamos o cenário de inserção desse trabalho no contexto educacional que se direciona à formação de professores e às discussões sobre os três tópicos centrais em nossa pesquisa: os conhecimentos dos professores, a pesquisa-ação vinculada a ensino, em geral e no campo da ciência, e os pressupostos de um grupo colaborativo.

Descrevendo sucintamente cada um desses temas podemos ressaltar que o primeiro refere-se a um panorama das propostas de formação de professores no Brasil destacando suas principais características no qual são discutidas duas epistemologias que podem influenciar os programas de formação docente – a racionalidade técnica, percebida como predominante, mas não muito efetiva, e a racionalidade prática, como uma epistemologia emergente e potencialmente mais adequada. No segundo tema são descritas características profissionais dos professores e discutidos seus conhecimentos básicos apontados pela literatura na direção do ensino de ciências e do desenvolvimento desses conhecimentos sobre modelos e modelagem. Finalmente, ao fazer uma revisão sobre pesquisa-ação, o terceiro tema, fomos motivadas a construir e

explicitar uma conceituação para a mesma segundo nossas interpretações críticas e sistematizá-la perante as demandas e características dessa dissertação, tendo em vista uma literatura muito densa sobre o assunto. Além disso, apresentamos os aspectos relevantes para caracterizar um grupo colaborativo e as influências deste em um processo de pesquisa-ação.

No capítulo 3, descrevemos e justificamos o desenho metodológico dessa pesquisa. Iniciamos contextualizando a coleta de dados e explicitando detalhadamente os encontros vivenciados pelos professores dentro do grupo colaborativo. Em seguida, enfatizamos os critérios de seleção da amostra e apresentamos algumas características da mesma. Finalizamos o capítulo descrevendo e argumentando sobre a metodologia de coleta de dados, as categorias geradas para a análise das mesmas e a metodologia de análise desses dados.

No capítulo 4, apresentamos os resultados dessa pesquisa através de um estudo de caso produzido para cada professora e da análise do mesmo, realizada a partir da elaboração de quadros que organizaram sinteticamente os dados.

O capítulo 5, contemplando as conclusões e implicações deste trabalho, inclui as discussões e respostas das questões de pesquisa, bem como as contribuições dos produtos dessa dissertação para o ensino de ciências e para pesquisas na área.

CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES NO BRASIL: UM CENÁRIO PARA DISCUSSÃO

O crescente interesse da pesquisa educacional pelo enfoque no professor e na sua profissão tem resultado em produções científicas significativas sobre a profissionalização, o percurso profissional, o pensamento e a ação do professor, que ressaltam a importância dos seus conhecimentos e o apresentam como “produtor de saberes” (Campos & Diniz, 2001). Essas pesquisas têm reconhecido o professor como ator principal no desenvolvimento de sua prática pedagógica, como construtor e reconstrutor de conhecimentos a partir da prática conforme suas necessidades, experiências, crenças e percursos formativos e profissionais.

A discussão sobre esse tema, em âmbito internacional, surgiu nas décadas de 1980 e 1990 devido, principalmente, à emergência do movimento de profissionalização do ensino e legitimação da profissão docente (busca de um repertório de conhecimentos dos professores). No contexto das pesquisas educacionais brasileiras, essa temática dos saberes docentes é uma área relativamente recente, que vem se tornando cada vez mais expressiva, indo além do campo de formação de professores (uma vez que é explorada também na área da Didática e do Currículo).

No Brasil, até a década de 1980, promovia-se uma formação de professores voltada para a questão técnica e política do trabalho pedagógico, para o saber-fazer (o método) e o conhecimento teórico do conteúdo. Essa abordagem, como pontua Nóvoa (1995), reduzia a profissão docente a um conjunto de técnicas, gerando uma crise de identidade dos professores em decorrência de uma separação entre o eu profissional e o eu pessoal (Nunes, 2001).

Diante disso, ao se mapear fatores que buscassem explicar a decadência e os vários conflitos vividos pelo sistema educacional do país, surgia como justificativa para o fracasso escolar a “*incompetência*” do professor, que apresentava problemas de formação como: falta de articulação entre teoria e prática, entre formação geral e formação pedagógica, entre conteúdos e métodos de ensino, restando uma técnica sem competência.

A partir da década de 1990, novos enfoques e paradigmas começaram a ser buscados no sentido de compreender para modificar a prática e os saberes pedagógicos e epistemológicos relativos ao conteúdo escolar a ser ensinado e aprendido. Houve, então, uma mudança nas investigações: os professores passaram a ser o foco dos estudos e debates que procuravam entender melhor suas realidades educativas.

Há, portanto, um novo paradigma norteando as pesquisas sobre a prática pedagógica e o professor: o paradigma da racionalidade prática. Esse novo paradigma opõe-se ao paradigma da racionalidade técnica, que prevaleceu ao longo de todo o século XX como referência para a educação. O paradigma da racionalidade técnica pode ser compreendido como uma concepção epistemológica da prática, herdada do positivismo, que reduz a mesma à análise dos meios apropriados para atingir determinados fins. Na concepção técnica, a atividade do profissional é, sobretudo, instrumental, dirigida para a solução de problemas mediante a aplicação rigorosa de teorias e técnicas científicas, reconhecendo-se uma hierarquia nos níveis de conhecimento e um processo lógico de derivação entre os mesmos (Gómez, 1995 apud Campos & Diniz, 2001). Contudo, os limites e as lacunas desse modelo, frente às características dos fenômenos educativos (complexidade, singularidade, incerteza, divergência), foram reconhecidos, e, como afirma Schön (1995 apud Campos & Diniz, 2001), passou-se a buscar uma nova epistemologia – a racionalidade prática. Ela, que considera as características inerentes aos fenômenos educativos, busca superar a

relação linear e mecânica entre o conhecimento científico-técnico e a prática na sala de aula (Campos & Diniz, 2001).

Assim, começou-se a resgatar o papel do professor, entendendo a complexidade da construção de sua identidade e a continuidade de sua formação profissional (que não finda na formação acadêmica inicial). Passou-se a pensar numa formação que fosse além da acadêmica, envolvendo desenvolvimento pessoal, profissional e organizacional da profissão docente. Resgatou-se, ainda, a importância de se considerar o professor em sua própria formação, reelaborando os saberes iniciais em confronto com sua prática vivenciada, a partir de uma reflexão *na* e *sobre* a prática. As pesquisas passaram a investigar os saberes de referência dos professores, concebidos agora como sujeitos de um saber e um fazer, pois, segundo Silva (1997, apud Nunes, 2001):

“de qualquer modo, quer para afirmá-los (e valorizá-los) quer para negá-los (e confrontá-los com visões alternativas de escola e mundo) há que se conhecer este saber docente que rotineiramente norteia a prática educativa.” (Silva, 1997, p. 14)

Nesta direção, apesar das diferentes tendências da formação continuada de professores presentes no cenário brasileiro, a orientação teórico-conceitual crítico-reflexiva vem sendo apontada pelos diferentes estudos como a mais adequada (Silva & Araújo, 2005). Nesse referencial, abandona-se o conceito de formação docente como processos de atualização que se dão através da aquisição de informações científicas, didáticas e psico-pedagógicas, descontextualizadas da prática educativa do professor, para adotar um conceito de formação que consiste em construir conhecimentos e teorias sobre a prática docente, a partir da reflexão crítica.

Segundo Silva e Araújo (2005), as operações que envolvem o modelo reflexivo podem ser sistematizadas a partir de quatro conceitos e/ou movimentos básicos: *o conhecimento na ação* – conjunto de saberes interiorizados que são adquiridos através da experiência e da atividade intelectual, mobilizados de forma inconsciente e

mecânica nas ações cotidianas do professor, em situações reais do exercício profissional; *a reflexão na ação* – reflexão sobre o conhecimento que está implícito na ação, desencadeada durante a realização da ação pedagógica; *a reflexão sobre a ação* – reflexão sobre essa ação e o conhecimento implícito nessa ação, desencadeada após a realização da ação pedagógica; e a *reflexão para a ação* – reflexão desencadeada antes da realização da ação pedagógica, através da tomada de decisões no momento do planejamento da ação que será desenvolvida. Aqui se entende por *ação* toda atividade profissional docente e que a natureza reflexiva é inerente ao processo de pensamento do professor que articula suas concepções, percepções e ações.

Segundo John Dewey (1979, apud Nery, 2007), para se compreender as bases sobre as quais uma ação é desenvolvida, duas perspectivas são possíveis: tratar o pensamento como uma “crença” e o pensar como um ato de crer ou, compreender o pensamento como uma “reflexão” e o pensar como um ato de refletir. Esse autor ainda sustenta que a crença e a reflexão são duas formas de pensar importantes, mas que a reflexão é a melhor forma de se pensar, pois prevalece sobre a crença na medida em que o pensar reflexivo questiona a própria crença:

“Assim, reflexão subentende que se crê (ou não se crê) em alguma coisa, não por causa dela própria e sim por intermédio de alguma outra que lhe sirva de testemunho, evidência, prova, documento, garantia, em suma, de fundamento da crença.” (Dewey, 1979, p. 21)

Desta forma, a postura reflexiva requer do professor não apenas o saber fazer, mas que ele possa saber explicar de forma consciente a sua prática e as decisões tomadas sobre ela e perceber se essas decisões são as melhores para favorecer a aprendizagem de seus alunos (Silva & Araújo, 2005).

Atualmente, o conceito de reflexão tem sido usado amplamente nas pesquisas sobre formação de professores e na implementação de programas de capacitação profissional como um meio de ajudar professores a explorar e melhorar aspectos de sua prática (Freitas & Villani, 2002; Nery, 2007).

No entanto, embora estejamos diante de um campo de pesquisa explorado há quase 20 anos, analisando-se os atuais programas de capacitação docente (como os promovidos pelas redes municipais e estaduais de ensino no Brasil), verifica-se que a construção dos conhecimentos que orientam os projetos de inovação continua ocorrendo, basicamente, no exterior do “mundo dos professores e das salas de aulas” – dentro dos moldes da racionalidade técnica – e continua a ser pensada como “treinamento” de professores para a correta implementação dos conhecimentos produzidos por indivíduos mais experientes (Gilbert, 1994 apud Freitas & Villani, 2002).

Essa incoerência se torna ainda mais evidente em relação à formação continuada de professores de ciências, vastamente discutida na literatura (por exemplo: Freitas & Villani, 2002; Gess-Newsome, 2003; Justi & van Driel, 2005), que geralmente se limita a ações de “reciclagem” e de “capacitação” de professores em cursos de curta duração, nos quais não se rompe com a racionalidade técnica (Rosa & Schnetzler, 2003). O destaque ressaltado por essas autoras pode ser associado à evolução permanente das pesquisas científicas – direcionadas à ciência pura e aplicada – e educacionais – direcionadas ao ensino de ciências – que não é transmitida aos professores e/ou acompanhada por eles com a mesma velocidade e de forma a alcançar com êxito os objetivos almejados. Em outras palavras, na idealidade, é importante que o professor entenda a evolução do pensamento científico para promover um ensino atualizado e tenha (in)formação sobre as pesquisas educacionais que discutem as dificuldades dos alunos, bem como novas estratégias que possam promover melhorias nos processos de ensino e de aprendizagem.

Sendo assim, embora neste trabalho entenda-se que as atuais tendências que impulsionam as propostas de formação continuada de professores sejam amplamente válidas para as diversas áreas do conhecimento, a discussão será direcionada para uma proposta específica de capacitação dos docentes da área de química, na busca de contribuir para o desenvolvimento de aspectos como os citados anteriormente. Compartilhando os princípios da racionalidade prática, este trabalho se fundamenta no

envolvimento dos professores de química em pesquisa-ação e na participação deles em grupos colaborativos, uma perspectiva emergente no cenário da formação continuada de professores. Entretanto, antes de discutir sobre tais processos, julgamos necessário explicitar nosso entendimento sobre os conhecimentos dos professores.

DISCUTINDO OS CONHECIMENTOS DOS PROFESSORES

Para se buscar promover o desenvolvimento do conhecimento dos professores, é necessário ter clareza a respeito de três fatores: *a base do conhecimento do professor; os conhecimentos básicos dos professores; e o processo/modelo de desenvolvimento desses conhecimentos.*

A base do conhecimento do professor

Considerando as descrições e caracterizações do conhecimento do professor na literatura (por exemplo: Beijaard & Verloop, 1996; Gess-Newsome, 2003), pode-se dizer que esse se estrutura a partir das crenças e do contexto no qual o professor está inserido. Três formas de conhecimento são prioritariamente relatadas: conhecimento declarativo (informações factuais, ou *saber o que*), conhecimento procedimental (usar conhecimentos para processos, *saber como*) e conhecimento condicional (transferir, ou conhecer *quando* e *onde* aplicar os conhecimentos declarativo e procedimental) (Alexander & Judy, 1988 *apud* Gess-Newsome, 2003) e são consideradas como blocos que constroem o conhecimento conceitual dos professores. O conhecimento conceitual, por sua vez, é baseado na organização destes blocos, uma organização que é impactada pelo contexto no qual o conhecimento é adquirido e pelas crenças pessoais que agem como filtros na aquisição desses conhecimentos e em sua organização (Gess-Newsome, 2003). Dessa forma, pode-se entender que o conhecimento específico do profissional docente é construído a partir de concepções individuais dos professores – suas crenças – e das situações vivenciadas por eles cotidianamente no ambiente escolar, ou seja, ele é um conhecimento prático. Esse conhecimento é assumido aqui como a habilidade de adaptar conhecimentos teórico-

científicos pertinentes a um dado conteúdo para a prática docente, favorecendo a aprendizagem significativa dos estudantes. Em outras palavras, não concebemos distância entre conhecimento teórico e prático, mas sim uma relação interdependente.

Os conhecimentos básicos dos professores

Dentro dessa ampla dimensão do conhecimento prático dos professores, Shulman (1987) descreveu sete categorias que definiriam os conhecimentos básicos dos professores: conhecimento de conteúdo, conhecimento curricular, conhecimento pedagógico de conteúdo, conhecimento pedagógico geral, conhecimento sobre alunos e suas características, conhecimento de contextos educacionais e conhecimento de objetivos educacionais.

Shulman é um autor muito importante nessa área pelo pioneirismo e repercussão de suas contribuições e pela proposição de sua lista dos conhecimentos básicos docentes. Entretanto, outros autores contemporâneos a ele (Tamir, 1988; Grossman, 1990), fundamentalmente inspirados em suas definições, desenvolveram uma nova proposta de sistematização desses conhecimentos, no que se refere à hierarquização dos mesmos. Para Shulman, as sete categorias listadas anteriormente correspondem a conhecimentos que se desenvolvem lado a lado, influenciando-se mutuamente, mas com uma existência independente. Por outro lado, para autores que concordam com Grossman (1990), quatro dessas categorias são de fato domínios básicos dos professores: conhecimento de conteúdo, conhecimento pedagógico geral, conhecimento pedagógico de conteúdo e conhecimento de contextos educacionais, enquanto as demais seriam subdomínios do conhecimento pedagógico de conteúdo.

Nesta pesquisa, duas destas categorias são especialmente importantes: o conhecimento de conteúdo, porque é indispensável que os professores compreendam a fundo um determinado tópico para desenvolver a habilidade de ensiná-lo, e o conhecimento pedagógico de conteúdo, por ser reconhecido como o conhecimento

específico do profissional docente, capaz de diferenciá-lo de um especialista de conteúdo e de um pedagogo. Por isso, elas são interpretadas a seguir considerando-se o contexto do ensino de ciências a partir da visão original de Shulman (no caso da primeira categoria) e dos autores que se seguiram a ele (no caso da segunda).

Conhecimento de 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, de aspectos de história, filosofia e metodologia da ciência e a capacidade de participar de atividades que resultem na aquisição de conhecimento científico. Em nosso entendimento, isso significa dizer que conhecer bem um conteúdo é importante para que o professor desenvolva adequadamente sua função, mas não implica diretamente em *saber como*, ou seja, qual a maneira mais adequada de abordagem do mesmo no ensino¹⁰.

Além de poder se manifestar como conhecimento declarativo, Shulman explicita o que se espera de manifestações (conhecimento condicional) na prática do professor que possam demonstrar esse conhecimento:

“Esse conhecimento, portanto, se refere à quantidade e a organização de conhecimentos per si na mente do professor. Pensar propriamente no conhecimento de conteúdo requer ir além dos fatos ou conceitos de um domínio. Requer um entendimento das estruturas de um tema da maneira definida por estudiosos como Joseph Schwab. Isso significa que o professor deve não apenas ser capaz de definir para seus estudantes verdades aceitáveis em um domínio, mas também ser capaz de explicar por que uma proposição particular é considerada como necessária, por que tal conhecimento possui méritos e como ele se relaciona com outras proposições, dentro e fora da disciplina, tanto na teoria quanto na prática. O professor precisa não apenas entender que alguma coisa é de uma determinada maneira, mas ir adiante e entender por que ela é daquela determinada maneira, quais fundamentos garantem que isso seja válido e sob quais circunstâncias nossa crença nas justificativas

¹⁰ Compreender essa dimensão é importante para diferenciar o conhecimento de conteúdo do conhecimento pedagógico de conteúdo, que será apresentado a seguir.

podem ser enfraquecidas, ou mesmo, levar a rejeitá-las. E, finalmente, espera-se que o professor entenda por que um dado tema é particularmente central para a disciplina enquanto outros podem ser considerados periféricos. Isso será importante em avaliações pedagógicas subseqüentes considerando ênfases curriculares relativas.” (Shulman, 1986, p. 9)

Conhecimento pedagógico do conteúdo (Pedagogical Content Knowledge – PCK): Antes de descrever uma definição para esse conhecimento, consideramos importante ressaltar que pesquisas sobre o PCK¹¹ dos professores vêm sendo crescentemente desenvolvidas por esse conhecimento ser reconhecido como específico do profissional docente. No ensino de química, contexto desse trabalho, ele é assumido como especialmente crítico para a compreensão de um ensino efetivo (Magnusson, Krajcik e Borko, 1999). O entendimento do PCK dentro do ensino de ciências (dentre as quais se inclui a química) é um reflexo da complexidade¹² dessa área que exige do profissional docente que ele compreenda profundamente cada conteúdo específico de sua disciplina ao invés de ter um mero conhecimento pedagógico associado ao seu ensino. Em outras palavras, é essencial que os professores realizem uma transposição didática dos conceitos mais complexos que favoreça a aprendizagem dos estudantes, que eles reconheçam as principais dificuldades dos estudantes e identifiquem o que faz sua disciplina mais fácil ou mais difícil de ser ensinada e aprendida. Por compartilhar dessa visão, esse trabalho assume o PCK como o principal mediador entre o que os professores sabem e *o que* eles mobilizam na sala de aula, e *como* eles o fazem.

Partindo da definição original de Shulman, o PCK inclui:

¹¹ Neste trabalho, optamos por utilizar a sigla PCK, em inglês, por ela ser mundialmente utilizada nas referências a este conhecimento dos professores.

¹² Entendemos complexidade aqui não como grau de dificuldade, mas como as várias dimensões que o ensino de ciências contempla – nível macro, micro e sub-microscópico – e que, devido à sua amplitude, exigem do professor um conhecimento vasto e profundo desse campo para desempenhar satisfatoriamente sua profissão.

“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 tema seja fácil ou difícil” (Shulman, 1986, p. 9).

Segundo o autor, esse conhecimento vai além do conhecimento do tema *propriamente dito* (o que essencialmente o difere do conhecimento descrito anteriormente), direcionando-se para o conhecimento do tema para o *ensino*, de modo que se espera do professor o conhecimento das mais diversas maneiras de representação e formulação do tema a fim de torná-lo compreensível a outros (o autor inclusive sugere que sejam, do conhecimento do professor, formas alternativas derivadas de pesquisas na área à luz da prática). Ele considera também que, para que o professor conheça o que, dentro do conteúdo, é mais fácil ou mais difícil para que o estudante aprenda, é necessário que ele conheça as pré-concepções dos estudantes. Dessa forma, o PCK inclui, ainda, o conhecimento de estratégias que levem essas concepções em consideração e sejam capazes de modificá-las quando necessário (nessa perspectiva o autor considera que pesquisas sobre ensino e aprendizagem estão “*no cerne das necessidades para o desenvolvimento do PCK*” (Shulman, 1986, p. 10)).

Ao se buscar uma projeção do PCK docente dentro do ensino de ciências, autores como Magnusson, Krajcik e Borko (1999) interpretaram as afirmações de Shulman, mas redefiniram alguns dos conhecimentos citados pelo autor como independentes do PCK. Para eles, os conhecimentos curriculares, sobre alunos e suas características e de objetivos educacionais seriam interdependentes e inerentes a este, ou seja, o desenvolvimento deles implicaria em um desenvolvimento do próprio PCK. Discutindo essa compreensão, da qual compartilhamos, apresentamos a seguir como tais conhecimentos se relacionam.

Domínios que compõem o PCK no Ensino de Ciências

Conforme o que foi apresentado anteriormente, este trabalho se apóia em uma visão expandida da definição elaborada por Shulman sobre PCK, e mais específica para o ensino de ciências, construída por Magnusson, Krajcik e Borko (1999) a partir dos trabalhos de Grossman (1990) e Tamir (1988).

A concepção aqui assumida pode ser representada pelo diagrama da figura 2, que apresenta os conhecimentos dos professores que, a nosso ver, influenciam no desenvolvimento do PCK.



Figura 2. Componentes do PCK para o Ensino de Ciências (adaptado de Magnusson, Krajcik e Borko, 1999, p. 99).

Esse diagrama evidencia que o PCK é resultado de uma transformação de conhecimentos adquiridos a partir de outros domínios, sendo que todos eles sofrem influências das crenças dos professores, do contexto no qual estão inseridos e de suas experiências pessoais (formação, reflexão e prática). Nesse sentido, os conhecimentos

que ocupam os vértices do pentágono, além dos conhecimentos implícitos no PCK (como o conhecimento de conteúdo e pedagógico geral direcionados ao ensino), atuariam como suportes para o seu desenvolvimento, de forma que

“O PCK para um ensino efetivo é a integração de todos esses aspectos em alto grau de complexidade. Uma falta de coerência entre tais componentes seria problemática dentro do desenvolvimento individual do PCK e o crescimento do conhecimento de um simples componente pode não ser suficiente para estimular uma mudança na prática.” (Park & Oliver, 2008, p. 264)

Devido à relevância de tais componentes, segue-se uma interpretação de cada um deles:

- Conhecimento de Currículo de Ciências envolve a compreensão das formas de organização do conhecimento usadas em disciplinas específicas em um determinado nível escolar (currículo horizontal) e em cada um dos diferentes níveis (currículo vertical), bem como de materiais curriculares. Esse componente é indicativo do entendimento dos professores sobre a importância e o papel dos tópicos, em relação ao currículo. Na direção da construção do PCK, ele habilita os professores a identificar conceitos relevantes, modificar atividades e eliminar aspectos julgados como periféricos ao entendimento conceitual alvo (Park & Oliver, 2008).
- Conhecimento de Estratégias Instrucionais foi o ponto de partida usado por Shulman para a definição do PCK e, como apontam Borko e Putnam (1996), inclui o conhecimento das ferramentas pedagógicas de representações (modelos, metáforas, simulações etc.), no sentido de favorecer a aprendizagem dos estudantes em conteúdos específicos. Como contribuição para o desenvolvimento do PCK, espera-se que os professores compreendam a variedade de materiais instrucionais e de representações aplicáveis aos diversos tópicos e a tópicos específicos, saibam julgar quais seriam os mais

adequados e coerentes ao seu contexto e às necessidades de seus estudantes, e até mesmo adaptá-los para esse fim.

- Conhecimento do Entendimento dos Estudantes se refere à compreensão de como os estudantes, em geral e individualmente, aprendem um determinado tópico. Isso implica conhecer concepções dos estudantes em tópicos particulares, dificuldades de aprendizagem, motivação, diversidade de habilidades, estilo de aprendizagem, interesse, nível de desenvolvimento e necessidades (Park & Oliver, 2008). Para um emprego efetivo do PCK, os professores precisam conhecer o que os estudantes sabem sobre certo conteúdo e quais as áreas de dificuldades mais freqüentes.
- Conhecimento de Avaliações da Aprendizagem dos Estudantes compreende dois aspectos: i) conhecer as dimensões de aprendizagem da Ciência que são importantes de serem aprendidas pelos estudantes e, portanto, devem ser avaliadas; e ii) conhecer métodos capazes de avaliar coerente e eficientemente a aprendizagem dessas dimensões (Tamir, 1988). Ao incluir esse componente dentro do PCK, entendemos que um ensino efetivo depende de uma aprendizagem monitorada, cuja eficiência deve ser diagnosticada periodicamente considerando-se os aspectos realmente relevantes e instrumentos avaliativos condizentes a estes e ao processo de ensino.
- Orientações para o Ensino de Ciências: nove orientações são apontadas por Magnusson et al. (1999): processo, rigor acadêmico, didática, mudança conceitual, atividade dirigida, descoberta, projeto baseado em ciência, investigação e investigação guiada. Maiores detalhes sobre cada um deles são apresentados no Anexo I. Elas estão associadas às metas e objetivos que os professores conhecem, acreditam e traçam para o ensino em cada nível específico. Assim, eles podem desenvolver suas práticas de sala de aula sob o pressuposto de uma ou mais orientações conjugadas, ou mesmo modificar

suas orientações com a experiência diária ou adquirida a partir de temas de ensino abordados, o que corresponderia à reciprocidade do processo. Em outras palavras, a experiência modifica alguns conhecimentos e crenças, não de forma ocasional, mas por ações intencionais nas quais os professores escolhem reconstruir seu conhecimento sobre uma dada situação (Magnusson et al., 1999) que, por sua vez, modifica as orientações, e assim por diante. Considerando essa compreensão,

“as orientações para o ensino de ciências influenciam na construção do PCK por servirem como um mapa conceitual que guia as decisões instrucionais, o uso de um material curricular e/ou estratégia instrucional particular e avaliações de aprendizagem dos estudantes”. (Borko & Putnam, 1996, p. 676)

O que pretendemos dimensionando o PCK dentro dessa representação é enfatizar que o relacionamento entre esses conhecimentos é complexo e deve ser extremamente coerente, uma vez que a excelência deste descreveria o domínio de todos os seus aspectos a respeito de todos os temas (Magnusson, Krajcik e Borko 1999). Defendemos, ainda, que o PCK ultrapassa a dimensão de orientação para o ensino de ciências, na medida em que correlaciona esses domínios e sua acomodação na estrutura cognitiva do professor.

Os conhecimentos dos professores no ensino sobre modelos e modelagem

Traduzindo essas idéias para os contextos do ensino de modelos e modelagem no ensino de ciências, torna-se fundamental que:

- O conhecimento de conteúdo dos professores inclua a compreensão da natureza de modelos e de modelagem 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), além de como o processo de modelagem ocorre.

- O conhecimento pedagógico de conteúdo dos professores incluía: i) conhecimento curricular: quando, como e por que as idéias gerais de modelos, modelos científicos específicos e modelagem devem ser introduzidas em suas aulas. Isto significa a capacidade dos professores de desenvolver e/ou modificar modelos curriculares¹³ relacionados aos temas que devem ser ensinados e de elaborar maneiras de introduzir a modelagem no ensino; ii) conhecimento de estratégias instrucionais: a capacidade de desenvolver bons modelos de ensino¹⁴ e a capacidade de conduzir atividades de modelagem em suas turmas; iii) conhecimento do entendimento dos estudantes: 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); iv) conhecimento de avaliações da aprendizagem dos estudantes: identificar os aspectos que contemplam uma aprendizagem de ciências, sobre ciências e para ciências através de um ensino a partir da modelagem. Além disto, conhecer métodos avaliativos capazes de dimensionar os conceitos e habilidades aprendidos pelos estudantes nessa perspectiva; v) orientações para o ensino de ciências: traçar metas e objetivos para o ensino através da modelagem que permitam uma correlação coerente entre os domínios anteriores e promovam um perfil de prática de ensino condizente aos pressupostos dessa metodologia.

Para possibilitar um significativo desenvolvimento desses conhecimentos, é necessário que os professores aprendam, em sua formação, os devidos suportes teóricos e práticos direcionados às suas realidades escolares. Entretanto, apenas muito recentemente alguns desses aspectos passaram a ser enfatizados nos cursos de formação de professores de química, não apenas em relação à modelagem, mas no

¹³ Denominação para as versões simplificadas dos modelos científicos que são efetivamente introduzidas em sala de aula (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000).

¹⁴ Representações criadas com o objetivo específico de ajudar os estudantes a entender algum aspecto do modelo curricular (Gilbert & Boulter, 1995).

que se refere ao desenvolvimento desses conhecimentos em geral (Justi & van Driel, 2005). Por isso, pode-se considerar que o desenvolvimento desses conhecimentos, em termos dos mais variados métodos de ensino, tem sido favorecido, sobretudo, pela prática e pelas experiências diversificadas de sala de aula, o que resulta em os mesmos serem bastante resistentes a mudanças conceituais. Isto porque quando um professor desenvolve um conhecimento a partir de sua prática e o valida com o passar do tempo, ele consolida um saber experiencial que julga ser bom e, portanto, não precisa ser modificado. Segundo Gess-Newsome (2003), as estruturas conceituais desses conhecimentos podem ser descritas como estáveis, visto as dificuldades de mudanças, mas ainda maleáveis. Ela complementa que mudanças no conhecimento dos professores podem ser estimuladas quando eles são expostos a novas experiências e idéias, quando usam o conhecimento, ou quando refletem ativamente sobre ele. Além disso, essa autora reconhece que a chave para esse processo é a insatisfação do professor com as estruturas de conhecimento existentes. Contudo, após a problematização dessas concepções, a literatura sugere ainda um longo percurso para que um processo formativo possa resultar em modificações efetivas na prática de um professor.

Processo/Modelo de Desenvolvimento desses Conhecimentos

Shulman e seus colaboradores sugeriram um “*modelo de raciocínio pedagógico*” que discute a maneira como o conhecimento dos professores aumenta através de sua experiência profissional (Wilson, Shulman & Richert, 1987 *apud* Feldman, 1996). O processo descrito por esse modelo pode ser esquematizado como o diagrama apresentado na figura 3.

As etapas do processo são interpretadas da seguinte maneira:

- Compreensão: de propostas, estruturas de significados do sujeito, idéias dentro e fora da disciplina;

- Transformação: preparação, representação, seleção e adaptação para características dos estudantes;
- Instrução: orientação/condução, apresentações, interações, trabalho em grupo, disciplina, humor, questionamento, outros aspectos do ensino ativo, descoberta ou investigação e formas observáveis de sala de ensino;
- Avaliação: checar e testar o entendimento do estudante durante o ensino interativo e após lições e unidades, avaliar seu próprio desempenho e fazer adaptações;
- Reflexão: rever, reconstruir, reordenar e analisar criticamente seu desempenho e da classe e construir explicações para as evidências;
- Nova Compreensão: de propostas, significados do sujeito, estudantes, ensino em si mesmo, consolidação de novos entendimentos e aprendizagens a partir da experiência.



Figura 3. Um Modelo de Raciocínio Pedagógico (Feldman, 1996, p. 518).

Sendo assim, o processo se inicia quando a compreensão inicial (prévia) dos professores é transformada através da revisão crítica de materiais curriculares com respeito ao entendimento e uso dos mesmos (interpretação crítica), de um estudo das representações como o uso de metáforas, analogias, ilustrações, atividades, tarefas e exemplos que os professores dispõem para transformar o conteúdo em instrução (representação) e das discussões sobre o ajuste das representações para os estudantes em geral (adaptação geral) e a adaptação das representações para estudantes específicos (adaptação específica). Em seguida, eles interagem com os estudantes através da instrução e, então, avaliam a mesma através da avaliação de seus estudantes. Usando múltiplas formas de avaliação – que podem se estender de testes objetivos às observações do comportamento dos estudantes –, os professores podem ter algumas evidências sobre o quão útil e efetivo foi sua instrução pela checagem do entendimento e mau entendimento destes. Uma nova compreensão, então, surge a partir dos professores, refletindo sua transformação de material curricular, sua instrução e a compreensão de seus estudantes. (Wilson *et. al.*, 1987 *apud* Feldman, 1996).

Como uma alternativa para favorecer a aprendizagem ou ampliação dos conceitos (já existentes na estrutura cognitiva dos professores) e de novas metodologias de ensino, de acordo com teorias cognitivas atuais e na perspectiva de desenvolvimento do conhecimento do professor, essa pesquisa aposta na participação docente em grupos colaborativos de pesquisa-ação, em consonância ao que tem sido apontado por estudos recentes nessa área (por exemplo: Burbank & Kauchak, 2003; Ponte, 2002). Essa proposta de formação de professores se baseia em um modelo interativo de desenvolvimento do professor de ciências que prevê uma aprendizagem cujo impacto na estrutura cognitiva e na promoção de cognições mais complexas (como descritas na apresentação do Modelo de Raciocínio Pedagógico) requer uma participação ativa do aprendiz no processo (Sprinthall, Reiman, & Thies-Sprinthall, 1996). Previamente a uma descrição mais detalhada dessa proposta, apresentamos,

nas próximas seções, uma discussão sobre os significados e/ou pressupostos assumidos aqui para pesquisa-ação e para grupo colaborativo.

CONSTRUINDO UMA CONCEITUAÇÃO DE PESQUISA-AÇÃO A PARTIR DE UMA RELEITURA DA LITERATURA

Devido à variedade de autores que discutem esse tema, às diversas abordagens e às diferentes características que se atribui ao mesmo, é reconhecida na literatura a grande dificuldade de construir uma definição única para o termo ‘pesquisa-ação’. No entanto, tendo em vista que reconhecemos esse trabalho como uma pesquisa-ação sobre pesquisa-ação, se já era importante definir o termo, entendemos que sua dupla ocorrência exige a máxima explicitação dos aspectos relevantes para o efetivo desenvolvimento do mesmo nas duas dimensões¹⁵.

Em uma discussão geral sobre o que significa, ou qual a melhor maneira para se definir o processo de pesquisa-ação, Tripp (2005) explica que é muito difícil convergir-se para uma conceituação por duas razões interligadas: primeiro, a pesquisa-ação é um processo tão natural que se apresenta, sob muitos aspectos, diferente e, segundo, ela se desenvolveu de maneira diferente para diferentes aplicações. Entretanto, esse autor ainda argumenta que a pesquisa-ação não pode ser considerada como qualquer processo de investigação e ação, pois tal generalização e simplificação – como, inclusive, têm ocorrido na literatura – leva à banalidade e incredibilidade do processo, principalmente enquanto pesquisa acadêmica.

Portanto, o que apresentamos a seguir, é uma reconstrução da conceituação de pesquisa-ação no âmbito educacional a partir de nossa leitura da literatura, em busca de pontos de convergência coerentes para uma proposta de formação continuada de professores de química.

¹⁵ Neste capítulo, a abordagem da revisão foca, principalmente, a pesquisa-ação que propomos ser desenvolvida pelos professores em processo de formação continuada; a que realizamos será devidamente discutida no capítulo 3.

Uma introdução histórica

A literatura atual (por exemplo: Latorre, 2004; Franco, 2005; Monceau, 2005; Pimenta, 2005; Tripp, 2005) enfatiza a necessidade de uma sistematização maior e de uma teorização mais sustentável para a realização da pesquisa-ação enquanto método de pesquisa para que, mantendo seu caráter prático e dinâmico, ela conquiste também a relevância e validade científico-acadêmicas. Para iniciar essa busca, freqüentemente esses autores recorrem ao histórico desse método de pesquisa.

A maioria desses autores concorda que a proposta da pesquisa-ação surgiu a partir dos trabalhos de Lewin (1946). Contudo, para Tripp (2005) não há certeza sobre quem “inventou” a pesquisa-ação. Ele considera que o termo possa ter sido empregando anteriormente a Lewin, na Alemanha, em um trabalho realizado em Viena, em 1913, ou mesmo por John Collier, antes e durante a Segunda Guerra Mundial, como sugerem Deshler e Ewart (1995). Assim sendo, Tripp afirma ser

“pouco provável que algum dia venhamos a saber quando ou onde teve origem esse método, simplesmente porque as pessoas sempre investigaram a própria prática com a finalidade de melhorá-la”. (Tripp, 2005, p. 445).

Independente disso, na revisão apresentada por Latorre (2004), os mais importantes desdobramentos de pesquisas sobre esse tema basearam-se na proposta inicial de Lewin. Tendo em vista esse ponto de origem comum, as abordagens devidamente sistematizadas que emergiram diferenciavam-se por enfoques sociais e educacionais (entre outros), mas, de uma forma geral, apresentavam vários aspectos em comum. Sob essa concepção, interpretamos que as diversas definições para a pesquisa-ação não são paradoxais nem inflexíveis. Ao contrário, elas permitem,

mantendo-se coerência e pertinência¹⁶, uma construção e adaptação para um dado contexto.

Então, o que é a pesquisa-ação?

Relevando as considerações feitas anteriormente, esse trabalho assume que pesquisa-ação educacional:

“É uma forma de investigação-ação (porque segue as fases do ciclo básico desse processo – Figura 4) que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática, sendo que essas técnicas devem atender aos critérios comuns a outros tipos de pesquisas acadêmicas – enfrentar revisão pelos pares quanto a procedimentos, significância, originalidade, validade.” (Tripp, 2005, p. 447)

Sob uma perspectiva que considera também a relevância das concepções do professor sobre si mesmo, incluímos ainda uma visão apresentada por Feldman (2002):

“Uma aproximação existencial para a pesquisa-ação trás a posição de que não se pode separar o que a pessoa faz do que a pessoa é; o que o professor deve questionar é quem ele é como professor para que a pesquisa-ação aconteça. Além disso, a definição precisa ser tão amarrada que nós possamos dizer que a pesquisa-ação está acontecendo quando uma pessoa investiga dentro dela mesma o seu próprio ser como professor”.¹⁷ (Feldman, 2002, p. 8)

¹⁶ Não se trata de aceitar indiscriminadamente todas as abordagens, mas selecionar os aspectos compatíveis ao direcionamento que se pretende dar à pesquisa-ação, conforme o objetivo que se deseja alcançar.

¹⁷ Essa nossa abordagem da definição de Feldman tem apenas a pretensão de considerar a identidade construída pelo professor como extremamente relevante para a geração de novos conhecimentos e possível alteração de sua prática, não se estendendo às dimensões da filosofia da mente que o autor trabalha em seu artigo.

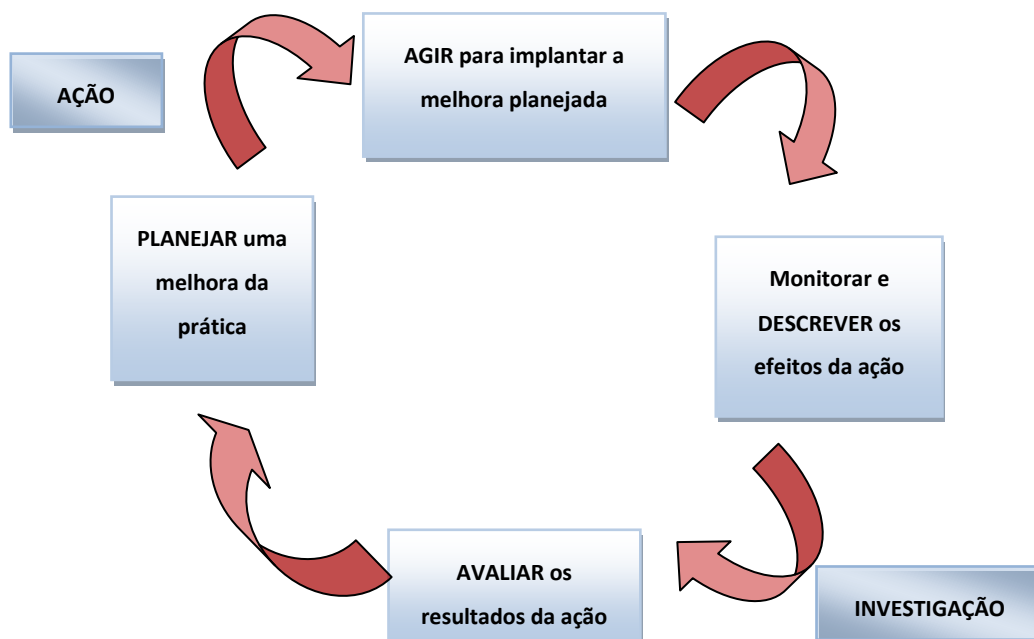


Figura 4. Representação em quatro fases do Ciclo Básico da Investigação-Ação (Tripp, 2005, p. 446).

Segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação não é qualquer processo de observação e reflexão da prática, desvinculado de teoria e questionamentos críticos, como também não é uma pesquisa com controle de variáveis, métodos definidos, ocasional e experimental. Ela é, no entanto, um processo mais pragmático que se coloca em um patamar entre a prática rotineira (simplesmente refletir sobre a prática, informalmente, se está boa ou ruim) e a pesquisa científica. Em outras palavras, quando o professor planeja, atua, monitora, descreve e avalia os resultados, conforme sugere o ciclo básico apresentado na figura 4, ele se interpõe de forma consciente e crítica às áreas da prática e da pesquisa.

Contemplando também a visão enfatizada por Feldman (2002), assumimos ser extremamente importante considerar, na pesquisa-ação, mais do que as ações dos professores, as suas intenções e crenças do que é *ser professor*, do que é ensinar e de como se aprende o que pode estar por trás de tudo isso. Ele considera que se a pesquisa-ação busca a melhoria da prática e o desenvolvimento profissional do professor, então ela precisa levar em conta o *ser professor* construído pelo profissional

no decorrer de suas experiências e sua intencionalidade, para que o mesmo se faça integrante consciente do processo de mudança.

Detalhando os aspectos que integram essa definição, Tripp (2005) considera que a pesquisa-ação é *inovadora*, no sentido de que rompe com a prática rotineira buscando algo novo e diferente; *contínua*, pois não se repete uma pesquisa-ação, mas progride-se nela buscando-se uma melhoria freqüente da mesma (não ocasional); *pró-ativa estrategicamente*, uma vez que a metodologia é subserviente à prática (pró-ativa com respeito à mudança, e sua mudança é estratégica no sentido de que a ação é baseada na compreensão alcançada por meio da análise das informações na pesquisa); *participativa*, na medida em que inclui todos os que, de um modo ou de outro, estão envolvidos nela e *colaborativa* em seu modo de trabalhar.

Em termos de sua manifestação, esse autor ainda ressalta que, como ocorre em cenários sociais não manipulados, a pesquisa-ação não segue os cânones de variáveis controladas comuns à pesquisa científica, de modo que pode ser chamada mais geralmente de *intervencionista* do que experimental; *problematizada*, pois sempre começa a partir de um problema, *socialmente crítica*, pois investiga a quem cabe o problema; *deliberativa*, porque quando se intervém na prática rotineira está-se aventurando no desconhecido, de modo que é preciso fazer julgamentos competentes a respeito de aspectos como, por exemplo, aquilo que mais provavelmente aperfeiçoará a situação de maneira mais eficaz; *documentada*, porque muitas vezes tende a documentar seu progresso (por meio de portfólios, por exemplo). Além disso, a pesquisa-ação busca a *compreensão* de por que e como uma prática funciona bem ou não (procura explicar os fenômenos) e tende a ser *disseminada*, na medida em que pode ser compartilhada com outros na mesma organização ou profissão devido à sua finalidade prática.

Sendo assim, após uma compreensão da fundamentação teórica desse tema para esse trabalho, surgem duas perguntas no âmbito da prática: (i) A partir de qual

processo pressupõe-se que a pesquisa-ação possa ocorrer? (ii) Que orientações metodológicas direcionam e favorecem esse processo?

O processo de pesquisa-ação

Concebemos como modelo para explicar e sistematizar o desenvolvimento de uma pesquisa-ação, a espiral de ciclos de ações e investigações (figura 5) proposta por Kemmis em 1989 (Latorre, 2004) que, por sua vez, se baseou nos trabalhos de Lewin.

O diagrama que resume essa proposta se fundamenta em dois eixos: um estratégico, movido pela ação através da atuação e reflexão; e outro organizativo, movido pela pesquisa através do planejamento e observação. Cada ciclo deve integrar esses quatro momentos inter-relacionados, uma vez que o planejamento envolve uma prospecção para a ação; a atuação, uma retrospectiva guiada pelo planejamento; a observação, uma prospecção para a reflexão; a reflexão, uma retrospectiva sobre a observação e uma prospecção para um novo planejamento; e assim por diante. Uma visão retrospectiva e uma intenção prospectiva formam conjuntamente a espiral auto-reflexiva do conhecimento e da ação.

Portanto, essas etapas dos ciclos pressupõem: (i) o desenvolvimento crítico do plano de ação com o objetivo de melhorar o que está ocorrendo; (ii) um acordo entre os envolvidos para colocar o plano em prática; (iii) uma observação, também crítica, dos efeitos da ação no contexto em que ocorre e (iv) a reflexão em torno dos efeitos como base para um novo planejamento, ação crítica etc. através de ciclos sucessivos.

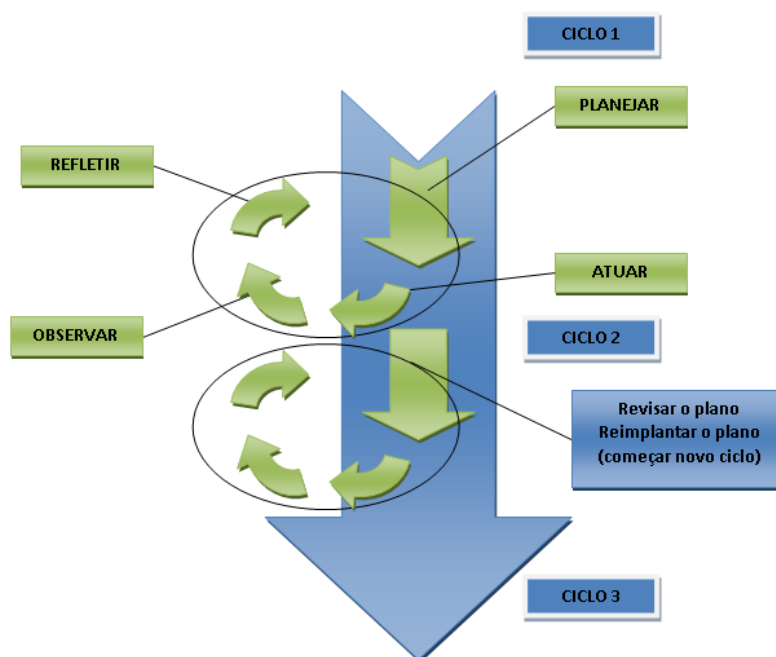


Figura 5. Os momentos da Pesquisa-Ação (Latorre, 2004, p. 35).

Como afirma Franco (2005), o que importa é deixar delimitado que a pesquisa-ação sugere sempre a concomitância entre pesquisa e ação, ação e pesquisa, sendo mais bem expressa através de dupla seta (pesquisa $\leftrightarrow$ ação), de modo a caracterizar a intercomunicação e o desenvolvimento recíproco, e a preservar sua característica de ajuste progressivo, fator fundamental à pesquisa da/na práxis. Isso é relevante porque evita o equívoco de transformar a pesquisa-ação, por exemplo, em uma pesquisa de avaliação de um procedimento adotado, de uma transformação empreendida ou mesmo de um processo de implementação de novas metodologias.

Em síntese, esse processo visa o fim comum que é a melhora da prática docente, a produção de conhecimentos novos sobre a mesma, e até de instrumentos úteis aos professores (Monceau, 2005). Ele também contempla a pesquisa-ação em sua dimensão ontológica, pois, como aponta Franco, o conhecimento pretendido será o conhecimento da pedagogia da mudança da práxis que, por sua vez, se refere a ações pedagógicas que devem implicar:

“(...) atitudes problematizadoras e contextualizadoras das circunstâncias da prática, dentro de uma perspectiva crítica sobre as ideologias presentes na prática, tendo por objetivos a emancipação e a formação dos sujeitos da prática.” (Franco, 2003, p. 88 apud Franco, 2005, p. 490).

Aspectos metodológicos do processo de pesquisa-ação

Na literatura, as discussões sobre metodologia da pesquisa-ação, orientações, fundamentos, metas, papel do pesquisador e participantes apresentam uma infinidade de classificações. Às vezes, elas se diferem apenas na nomenclatura utilizada, mas com as mesmas concepções, outras vezes são complementares. Alguns desses aspectos são apresentados a seguir e, posteriormente, serão enfatizados quais se aplicam a esse trabalho.

Em termos das orientações para a pesquisa-ação, três são comumente relatadas na literatura: *orientação técnica*, que toma uma prática existente em outro lugar e implementa em sua própria esfera de prática, de maneira inteiramente mecânica, para realizar uma melhora; *orientação prática*, na qual o pesquisador escolhe ou projeta as mudanças feitas, o modo como alcançar um resultado desejado, sendo que *o que, quando e como fazer* são informados pelas concepções profissionais que ele tem sobre o que será melhor para seu grupo (Grundy, 1983 apud Tripp, 2005, p.457); *orientação emancipatória*, segundo a qual para a emancipação é preciso engajar-se politicamente¹⁸ porque isso significa trabalhar com ou contra outros para mudar o *sistema* (Tripp, 2005).

Carr & Kemmis (1988) resumem essas orientações explicitando algumas de suas características em termos de três aspectos, conforme apresentado no quadro 1.

¹⁸ No sentido de tomar partido e defender um determinado ponto de vista (aquele que se concebe como importante para a melhora da prática), o que implica em ser contrário a outras concepções.

Orientação	Objetivos	Papel do pesquisador	Relação entre pesquisador e participantes
1. Técnica	Efetividade, eficiência da prática educativa. Desenvolvimento profissional.	Especialista externo.	Coopção: os práticos dependem do pesquisador.
2. Prática	Mesmo que (1). A compreensão dos práticos. A transformação de sua consciência.	Papel sociocrático, motivar a participação e a auto-reflexão.	Cooperação: consulta do processo.
3. Emancipatória	Mesmo que (2). Emancipação dos participantes do tradicionalismo. Visão crítica da sistematização burocrática. Transformação da organização e do sistema educativo.	Moderador do processo. Igual responsabilidade compartilhada pelos participantes.	Colaboração.

Quadro 1. As três modalidades de pesquisa-ação (Carr & Kemmis, 1988 apud Latorre, 2004, p.31).

Para esses autores, apenas a orientação emancipatória garante a verdadeira pesquisa-ação, enquanto para autores como Zuber-Skerritt (1992 apud Latorre, 2004), cada uma é válida se conduz ao desenvolvimento profissional. Zuber-Skerritt também enfatiza que a pesquisa-ação pode começar com uma orientação e evoluir para outra (no sentido de 1 para 3), tendo em vista sua característica de auto-ajuste conforme as necessidades que surgem na prática.

De acordo com os objetivos traçados para a pesquisa-ação, Thiollent (1994) aponta que eles podem apresentar naturezas diferentes como:

- *objetivo prático* (ou de resolução de problemas) – a pesquisa-ação visa contribuir para o equacionamento do problema central na pesquisa a partir de possíveis soluções e de propostas de ações que auxiliem os agentes na sua atividade transformadora da situação;

- *objetivo de conhecimento* (ou de tomada de consciência) – a pesquisa-ação propicia que se obtenha informações de difícil acesso por meio de outros procedimentos e, assim, possibilita ampliar o conhecimento de determinadas situações;
- *objetivo de produzir e socializar conhecimento* que não seja útil apenas para a coletividade diretamente envolvida na pesquisa, mas que possibilite certo grau de generalização.

Esses objetivos vão depender dos propósitos do pesquisador e/ou participantes que motivaram o início do processo. Noffke (1997 apud Feldman, 2002) explica que existem vários propósitos para o engajamento de professores em uma pesquisa-ação:

- *o profissional*: produzir um novo conhecimento educacional. Os sujeitos envolvidos reconhecem que os produtos de uma pesquisa educacional tradicional emergem mais lentamente do que as necessidades da própria prática e vêem a pesquisa-ação como uma ponte entre a teoria e a prática;
- *o pessoal*: um maior auto-conhecimento e profundo entendimento de sua própria prática em busca do desenvolvimento pessoal e realização profissional;
- *o político*: pretende promover mudanças sociais rumo a maior justiça social¹⁹.

Para discutirmos os aspectos metodológicos da pesquisa-ação que serão assumidos neste trabalho, ressaltamos duas visões sobre a revisão apresentada acima: (i) não entendemos a orientação técnica como coerente para o desenvolvimento de uma pesquisa-ação, uma vez que ela sugere pouca flexibilidade de adaptação ao contexto e uma realização que não favorece a conscientização e a autonomia dos participantes; (ii) as demais orientações podem até ser previstas para o processo, mas

¹⁹ A autora se fundamenta em Lewin, por isso fala de um propósito social. Mas ele pode ser interpretado para o âmbito educacional.

elas só se concretizarão na realização da pesquisa-ação, pois isso dependerá dos propósitos que motivarão a mesma e direcionarão os objetivos, bem como da relação que será estabelecida entre o pesquisador e os professores (algo que depende não só do papel exercido pelo pesquisador, mas também da disponibilidade e engajamento dos professores no processo).

Diante desses pressupostos, apresentamos a seguir argumentos que descrevem o enquadramento metodológico pretendido para a pesquisa-ação desenvolvida neste trabalho. É importante ressaltar que esse perfil projetado não implica em uma conclusão estática sobre a orientação e os objetivos da pesquisa-ação que foi realizada. Tal conclusão será construída a partir da análise dos dados, pois depende diretamente do comportamento dos professores sujeitos da pesquisa no processo.

Dessa forma, esta pesquisa tem um direcionamento para:

- Uma orientação emancipatória, na medida em que almejamos despertar a autonomia do professor frente à sua prática, promovendo uma visão mais crítica e consciente sobre a mesma de modo que ele se sinta capaz de mudar o que for necessário para melhorá-la.
- Ambos os objetivos pontuados por Thiollent (1994). Partindo, inicialmente, do objetivo prático – a resolução de um problema como a melhora da prática do professor – na direção de uma tomada de consciência sobre aspectos relativos ao processo de ensino e possibilidades de generalização e aplicação do conhecimento desenvolvido em outros contextos.
- Um propósito principalmente profissional – busca por um conhecimento maior sobre sua profissão –, mas que, a nosso ver, tenderá a culminar em um conhecimento desenvolvido do professor também na dimensão pessoal, a partir de um autoconhecimento de si como professor e de sua prática.

Sobretudo, visamos uma metodologia que corrobora uma pesquisa-ação crítica, na qual:

“... deve ser considerada a voz do sujeito, sua perspectiva, seu sentido, mas não apenas para registro e posterior interpretação do pesquisador, a voz do sujeito fará parte da tessitura da metodologia da investigação. Neste caso a metodologia não se faz através das etapas de um método, mas se organiza pelas situações relevantes que emergem do processo. Daí a ênfase no caráter formativo desta modalidade de pesquisa, pois o sujeito deve tomar consciência das transformações que vão ocorrendo em si próprio e no processo. É também por isso que (naturalmente) a metodologia assume o caráter de emancipatório, pois mediante a participação consciente, os sujeitos da pesquisa passam a ter a oportunidade de se libertar de mitos e preconceitos que organizam suas defesas à mudança e reorganizam a sua auto-concepção de sujeitos históricos.” (Pimenta, 2005, p. 535)

Essa nossa proposta da inserção de professores de ciências em processos de pesquisa-ação se baseia na idéia de que a aprendizagem está associada à relação entre como o conhecimento existe na mente dos indivíduos e as situações em que aquele conhecimento é adquirido e usado. Assim, os professores devem estar inseridos em situações que suportam seus esforços no processo de construção de significados (Figueirêdo & Justi, 2007). Dentre as possibilidades de se promover isso, a pesquisa-ação realizada em grupos colaborativos se apresenta como um cenário no qual se combinam grupos de professores para o desenho, implementação e avaliação de projetos de pesquisa-ação e se promove um mecanismo para o desenvolvimento profissional direcionado às necessidades dos professores nas salas de aula (Burbank e Kauchak, 2003).

O CONTEXTO DE UM GRUPO COLABORATIVO

Pesquisa-ação no contexto de um grupo colaborativo

De acordo com o pensamento freiriano (Silva & Araújo, 2005), que defende como aporte fundamental para o desenvolvimento docente a constituição de um olhar

reflexivo do professor sobre sua prática, a formação continuada de professores deve incentivar a apropriação dos saberes pelos mesmos, rumo à autonomia, e levar a uma prática crítico-reflexiva. Isso significa que o processo formativo deverá propor situações que possibilitem troca de saberes entre os docentes e reflexão conjugada da prática educativa.

Outros relatos direcionados para a área de ensino de ciências encontrados na literatura (por exemplo: Feldman, 1993; Feldman, 1996; Campos & Diniz, 2001) sustentam que a interação entre os professores é uma fonte significativa de seus conhecimentos, pois o compartilhamento de saberes sobre o ensino, os aprendizes e os conteúdos lecionados favorece um processo crítico-reflexivo profundo sobre a prática dos professores e os motiva e encoraja a “arriscar” inovações no ensino.

Segundo Feldman (1993), foi a partir de suas experiências pessoais – como conversas com outros professores, participação em encontros regionais e nacionais de sociedades profissionais, workshops, programas de formação continuada etc. – que ele desenvolveu muito do que sabe sobre o ensino. Esse autor afirma que essas observações parecem indicar que uma fonte significativa do conhecimento do professor é a sua interação com outros professores.

A colaboração força os professores a expor suas práticas de ensino a outros (McElroy, 1990; Santa, 1990 *apud* Henson, 1996). Nesse sentido, uma disponibilidade de dividir suas práticas, salas de aula e estudantes é mais um pré-requisito para o sucesso. Essa disponibilidade pode ser favorecida quando a colaboração ocorre em um nível de igualdade entre os participantes, onde todos se encontram em um mesmo patamar, submetendo suas experiências a reflexões e críticas e também discutindo as experiências dos outros.

A colaboração também requer a habilidade do professor de se auto-analisar criticamente, com a disponibilidade de mudar quando necessário (Henson, 1996).

Nesses casos, compartilhar com os colegas pode motivar as mudanças através da insatisfação com a situação atual e a ‘esperança’ de que algo pode ser melhor.

Conjugada a um processo de pesquisa-ação, a colaboração oferece vantagens adicionais (Henson, 1996) e favorece o sucesso do professor pesquisador uma vez que oportuniza reflexões sobre as consequências dos ‘achados’.

Dentre as vantagens dessa proposta aplicada a programas de formação continuada de professores de ciências, pode-se destacar a promoção da autonomia e a elevação da auto-estima do professor. A oportunidade de contribuir para a pesquisa educacional – quando pesquisam e compartilham sua própria prática – permite ao professor tornar-se mais confiante e crescer em uma maneira pessoal rumo a um entendimento mais profundo do que é significativo para a ação de ensino (McConaghy, 1987 *apud* Henson, 1996). Além disso, os professores tendem a tornar-se naturalmente mais reflexivos, críticos e analíticos sobre a própria prática.

Para que haja de fato essa reciprocidade entre a pesquisa-ação e a colaboração, devem ser observadas características importantes (Thiollent, 1994; Franco, 2005) como:

- Ampla e explícita interação entre pesquisadores e professores implicados na situação envolvida, o que resulta na definição de prioridades para a pesquisa. Essa interação deve começar a promover a dissolução de qualquer relação hierárquica entre pesquisador-professor para que se torne evidente a igual responsabilidade dos envolvidos.
- Busca da resolução ou, pelo menos, esclarecimento dos problemas da situação observada. Esses problemas precisam ser advindos do contexto dos participantes, para proporcionar maior envolvimento dos mesmos, e as soluções devem promover melhorias nessa situação social ou educacional.

- Acompanhamento pelo pesquisador (característica agora associada tanto ao especialista que atua como facilitador do processo quanto aos professores que desenvolvem a pesquisa-ação), durante todo o processo, das decisões, das ações e de toda atividade intencional dos atores da situação. Isso pode ser traduzido como um monitoramento contínuo do processo, perpassado por reflexões *na, sobre e para* ações, com o intuito de não limitar a pesquisa a uma forma de ação (risco de ativismo), e sim favorecer um maior conhecimento e conscientização das pessoas e dos grupos considerados sobre a situação vivenciada.
- Ações de caráter comunicativo, interativo, dialógico devem emergir do coletivo e caminhar para ele. Assim deve-se buscar aprofundar a interfecundidade de papéis: de especialista a participante e de participante à especialista, de modo a superar as relações assimétricas de poder e consolidar a colaboração.
- Entendimento/negociação/acordos devem ser conduzidos para a promoção de um saber compartilhado.

A proposta desta pesquisa vai de encontro a esses pressupostos, no sentido de que os professores sejam participantes de um grupo no qual sejam discutidas as problemáticas do ensino – não no geral, mas na realidade de cada um –, traçadas as metas que se idealiza, construídas, consciente e criticamente, novas estratégias de ensino (com suporte teórico dos especialistas) e que tais propostas sejam aplicadas por cada professor em sua sala de aula. No decorrer da aplicação, o professor deve ter oportunidade de compartilhar com o grupo suas dúvidas e resultados até que, ao final da mesma, todos avaliem e reflitam sobre o processo.

Nessa perspectiva, a colaboração dentro desse grupo ocorreria em um nível de igualdade entre os participantes, onde todos – pesquisadores e participantes – se

encontrariam num mesmo patamar, submetendo suas experiências a reflexões e críticas e também discutindo as experiências dos outros.

Para que a inserção do professor nesse processo ocorra nessa dimensão, é um pré-requisito que este apresente uma disponibilidade de dividir suas práticas, salas de aula e estudantes. Sistematizando os papéis dos envolvidos é possível pontuar como:

Ações prioritárias do pesquisador (Franco, 2005):

- Ultrapassar o saber teórico para construir um saber da prática, através do estabelecimento de uma comunicação de igualdade com os atores.
- Ser um facilitador do processo, intervindo somente quando for necessário e reconhecendo que suas ações têm significados diferentes para cada ator social.
- Aceitar que as coisas podem mudar, podem ser reconstruídas.
- Ter a capacidade de viver na incerteza e saber reconhecer a característica única de cada situação.
- Manter o rigor científico do trabalho e zelar por uma interpretação justa dos fatos e das práticas.

Expectativas de ação dos participantes (Franco, 2005):

- Comprometer-se de acordo com seus talentos, suas capacidades, suas experiências e suas relações particulares frente à situação investigada.
- Participar ativamente da elaboração da busca da problemática da ação, da pesquisa e da busca de soluções, bem como na elaboração de instrumentos, e assim aprender seus significados.
- Ser cauteloso no trato de difusão oficial de resultados e prudente nas generalizações.

- Agir profissionalmente e usar seus conhecimentos e experiências para questionar o pesquisador.
- Aceitar viver na incerteza e instabilidade.

Dessa forma, defendemos que esta proposta contempla os aspectos que traçamos como necessários para a formação de professores da área de ciências e permite que o processo não se restrinja à existência do grupo e/ou à permanência do professor no mesmo. Ao contrário, ela pressupõe a promoção de uma capacidade de se auto-atualizar e aprimorar por acreditar que “*vale a pena*” e que o professor é o profissional responsável pela qualidade e relevância do ensino que promove.

Há que se ressaltar que a maior barreira para que mais professores que desejam participem em projetos colaborativos é o tempo requerido (Gajewski, 1983; Houser, 1990; Schumm, 1993 *apud* Henson, 1996). O problema é exacerbado pelas agendas inflexíveis dos professores (Arndt, 1984 *apud* Henson, 1996) e o tempo quase completamente preenchido.

Isso nos remete à necessidade de um sistemático planejamento para se desenvolver essa prática sem sobrecarregar o professor. A solução desse problema pode ser favorecida tendo-se a certeza de que todos os participantes estão organizados e com seus respectivos papéis claros (Stevem, Slanton e Bunny, 1992 *apud* Henson, 1996).

Considerando todos esses aspectos, apresentamos, a seguir, o desenho metodológico da pesquisa.

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

CONTEXTO DA COLETA DE DADOS

Essa dissertação é parte das ações e produtos de um Projeto de Formação de Continuada de Professores de Química intitulado “Formação de Professores e Ensino de Química através de Modelos – Investigações a partir da Pesquisa-ação”, desenvolvido na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Esse Projeto foi coordenado pela professora Rosária Justi e envolvia a participação de professores de Química do ensino médio de escolas públicas e particulares de Belo Horizonte, alunos do Programa de Pós-graduação em Educação, que também lecionavam, e do curso de Licenciatura em Química da UFMG. Sua proposta previa a formação de professores de Química em uma perspectiva de ensino baseada em modelagem, através do envolvimento destes em um grupo colaborativo e pesquisa-ação de suas práticas. Os professores convidados para participar deste projeto foram aqueles que, nos últimos anos, entraram em contato com o Núcleo de Pesquisa em Ensino de Ciências (NPEC)²⁰ interessados em discutir suas práticas docentes e/ou em conhecer novas abordagens para o ensino de química. Dentre os professores convidados, nove tinham a disponibilidade necessária – para participar das reuniões quinzenais²¹, nas tardes de sexta-feira, com 3h de duração no Departamento de Química da UFMG e para conduzir a investigação em suas salas de aula. Esses professores lecionavam tanto em escolas públicas quanto particulares.

Como foi exposto no item 1.4, esse projeto visou, simultaneamente, investigar o processo de desenvolvimento dos professores em relação a: (i) seus conhecimentos sobre modelos e a utilização desses conhecimentos em sua prática docente e (ii) suas

²⁰ Coordenado pela orientadora deste trabalho no Departamento de Química da UFMG.

²¹ Tal frequência foi escolhida em função de experiências anteriores da coordenadora terem mostrado que encontros semanais sobrecarregam os professores e contribuem para que os mesmos abandonem o projeto em andamento. Ainda assim, as datas eram flexíveis, permitindo alterações quando necessário.

ações como professores-pesquisadores. Em alguns momentos relevantes, a aprendizagem dos alunos também foi investigada.

Sendo integrante deste projeto, eu, juntamente com minha orientadora (a coordenadora do projeto) planejamos selecionar uma amostra dos professores participantes para investigar os aspectos que implicam no *desenvolvimento do conhecimento dos professores*, especificamente sobre modelos e modelagem no ensino de Química, e como isso reflete em modificações da prática dos mesmos, o que resultou nessa pesquisa.

DESCRIÇÃO DOS ENCONTROS DO GRUPO COLABORATIVO

Diante do contexto no qual esse trabalho está inserido e de nossos objetivos, torna-se relevante explicitar, detalhadamente, as atividades que foram realizadas no projeto de formação. Antes, porém, é importante ressaltar que cada encontro foi planejado pela coordenadora do grupo e pelos estudantes do programa de pós-graduação e da graduação baseando-se em: (i) experiências prévias da coordenadora, (ii) discussões entre os Membros da Equipe (ME) de acordo com os propósitos do grupo, (iii) necessidades e especificidades do grupo de professores participantes percebidas a partir de reflexões dos ME sobre as manifestações e retornos dos professores nos encontros anteriores.

O quadro 2, resume as três etapas que nortearam o processo e o detalhamento das mesmas o procede.

Etapa	Momentos	Propósito Geral
1	7 workshops	<u>Instrução de natureza colaborativa na busca de:</u> desafiar os professores a reconsiderar algum aspecto de seu conhecimento prévio e, simultaneamente, a refletir sobre sua prática docente, e promover uma oportunidade de eles discutirem e vivenciarem aspectos relevantes relativos à utilização de modelos no ensino.
2	Elaboração de estratégias de ensino de modelagem (5 encontros)	<u>Pesquisa-ação colaborativa na busca de:</u> dar oportunidade aos professores de colocar em prática e adaptar aos seus contextos, a teoria discutida na instrução através da elaboração de uma estratégia de ensino nas perspectivas discutidas no grupo e promover uma aprendizagem através da ação.
3	Aplicação da estratégia por cada professor em sua sala de aula e discussões paralelas no grupo (10 encontros)	<u>Pesquisa-ação colaborativa na busca de:</u> encorajar, favorecer e auxiliar os professores a vivenciar o processo por completo, colocando a estratégia planejada por eles em prática no contexto no qual estavam inseridos e promover a valorização da proposta de ensino por parte dos professores ao refletir e avaliar os resultados em suas práticas docentes.

Quadro 2. Características das etapas da formação de professores no grupo colaborativo.

Descrição dos Workshops da Etapa 1: tema geral e aspectos das atividades realizadas e das discussões.

Encontro 1: Conflitos do ensino e o papel do professor

- Apresentação do projeto, dos colegas entre si e explicitação do desenvolvimento dos encontros e dos propósitos do grupo colaborativo.

- Problemática do ensino, ênfase nos problemas atuais, confronto das concepções iniciais dos professores com resultados insatisfatórios e possibilidades de mudanças no ensino.
- Entrega do texto 1²² (*Algumas considerações sobre aprendizagem*) que discutia os objetivos gerais do ensino, as concepções alternativas dos alunos e uma concepção construtivista do ensino, finalizando com a emergência do uso de modelos no ensino de química.

Encontro 2: Caracterização e compreensão de modelos e sua importância no ensino

- Discussão sobre a importância de o aluno aprender ciência, sobre ciência e a fazer ciência.
- Desenvolvimento da atividade “O que são modelos?”. Participação dos professores pensando e construindo seus critérios de seleção para depois discuti-los.
- Discussão a respeito de: (i) na química, trabalharmos permanentemente com modelos, e modelos de modelos - constatação de como aspectos como esse, que, às vezes, parecem óbvios para os professores, não são óbvios para eles; (ii) a provisoriedade dos modelos através do tempo (possibilidade de eles se modificarem) e, (iii) as dificuldades dos alunos para entender as representações químicas.
- Entrega do texto 2 (*Objetivos do Ensino de Química*) que discutia a aprendizagem da química na perspectiva do desenvolvimento de habilidades científicas, apresentando para isso argumentos da literatura, além de relacionar, brevemente, o ensino de química e a modelagem.

²² Os textos foram entregues para leituras extra-encontros. Os textos 1, 2, 3 e 4 foram elaborados pela coordenadora do projeto, Rosária Justi, especialmente para o mesmo.

Encontro 3: Modelos de ensino e modelos curriculares

- Foram apresentadas e discutidas idéias sobre:
 - Diferenciação de modelos de ensino e modelos curriculares.
 - As concepções alternativas e as dificuldades dos alunos sobre modelos e a importância de conhecer os conhecimentos prévios dos alunos.
 - O que são modelos de ensino, quais são seus pontos positivos e negativos (limitações).
 - Modelos curriculares: o que são e quando/como usar.
 - Modelos analógicos, bi e tridimensionais: usos e validade.
 - Discussão sobre a influência da abordagem do ensino no valor e validade de uma analogia (com exemplos de resultados sobre a aprendizagem dos estudantes em diferentes práticas de ensino).
- Conclusão de que o esse tipo de ensino pode e influencia na aprendizagem, justificando a busca por um ensino diferenciado.
- Entrega do texto 3 (*Modelos*) que resumia os conceitos de modelos e suas aplicações no ensino de química.

Encontro 4: Vivência do processo de Modelagem do Suflair[®]

- Para introduzir a discussão sobre o ensino a partir da modelagem, os professores vivenciaram um processo de modelagem no grupo: elaboração de um modelo que explicasse como o chocolate Suflair[®] é produzido.
- Essa proposta foi coerente com a perspectiva de ensino até então discutida, na qual se concebe que os estudantes e, portanto, os professores na condição

de aprendizes, aprendem melhor participando ativamente do processo de ensino do que recebendo passivamente as informações.

- Foi possível perceber nessa experiência a ansiedade dos professores em acertar, a busca intensa na memória de pré-requisitos e de fatos semelhantes (seleção de uma origem), a dificuldade para iniciar a proposição do primeiro modelo, uma série de detalhes não pensados que foram emergindo na discussão posterior dentro do grupo.
- Para favorecer a reformulação do modelo, cada professor recebeu uma barra do chocolate (visando ter experiência com o alvo).
- Ao final, discutindo sobre o processo vivido, os professores expressaram a vontade de saber a resposta certa, o que suscitou a discussão sobre a natureza dos modelos principalmente em termos de dois aspectos: não serem definitivos e a possibilidade de existir mais de um modelo para um mesmo alvo, pois não existe modelo correto ou errado, mas coerente ou incoerente.
- Os professores se mostraram empolgados em fazer algo diferente e ligado à sua realidade.
- A possibilidade de se ter experiência com o alvo foi observada como importante no processo. Modelagem não é adivinhação, mas uma construção a partir de certos pré-requisitos.
- As variadas respostas, discussão entre os pares, e a não apresentação de uma resposta proporcionando uma construção do conhecimento pelo próprio indivíduo também foi observada como relevante no processo.
- Os professores expressaram suas sensações de vivenciar o processo. Discutiram sobre as dificuldades que os alunos sentiriam, e por que, tendo em vista o que eles viveram e ao que eles precisaram recorrer para conseguir executar a tarefa.

- Entrega do texto 4 (*Modelos e Ensino de Química*) que discutia os usos e validade de modelos científicos, curriculares, analógicos e de ensino em geral.

Encontro 5: Modelagem no desenvolvimento do conhecimento científico

- Apresentação feita pela coordenadora (com possibilidade de intervenção e discussão com os professores) sobre:
 - Ensino fundamentado em modelagem.
 - Idéias do ensino construtivista.
 - O que é importante para que o aluno aprenda ciência, sobre ela e a fazê-la.
 - O ensino deve ser contextualizado para que os alunos se motivem mais, faça mais sentido para eles e se tornem mais críticos.
 - O processo de construção de conhecimento é dinâmico e não linear.
 - A construção de modelos precisa da criatividade, então é arte; é um conhecimento tácito e não tem regra.
 - O Diagrama Modelo de Modelagem (Justi & Gilbert, 2002), com explicação detalhada deste.
 - O uso dessa proposta no ensino: como? / por quê? / para que?
 - Os passos do desenvolvimento de uma estratégia de ensino fundamentada em modelagem.
 - A necessidade de existir um contexto inicial para se estabelecer esse tipo de ensino e de se manter a coerência depois (não é meramente um “momento” de ensino diferente e interessante).

- O potencial dessa experiência em favorecer que o professor aprenda sobre ciência e a fazer / trazer essa ciência para dentro da sala. Isso é algo que inclui o ensino de química em um âmbito maior do que o da disciplina escolar, o do saber científico.
- Os professores receberam o artigo referente à discussão realizada (Justi, 2006).

Encontro 6: O processo de construção de modelos na ciência e sua aplicação no ensino

- Apresentação geral de estratégias de ensino para dois temas químicos fundamentados em modelagem por dois membros do grupo (ME1 e ME2), assim como dos resultados das aplicações das mesmas em contextos reais de ensino.
- Nas apresentações de ME1 e ME2, foram enfatizados: a estratégia, as dificuldades de sua elaboração, o porquê do tema, os resultados obtidos em cada uma das atividades, o relacionamento da estratégia com cada etapa do Diagrama Modelo de Modelagem e a importância e validade dessa proposta de ensino.
- A partir dos relatos das experiências de ME1 e ME2, os professores questionaram sobre o processo e a abordagem do conteúdo.
- Os professores foram solicitados a pensar em temas/conteúdos químicos para o desenvolvimento de uma estratégia de ensino desse tipo.

Encontro 7: O papel do professor no processo de modelagem

- O professor deve conhecer bem: o conteúdo, as etapas de um processo de modelagem e as concepções/dificuldades dos estudantes.

- Para que a modelagem seja aprendida, o que o aluno já tem que saber? Trabalhar com os alunos o significado de modelos (o professor precisa ter esse conhecimento).
- Existem momentos em que o professor tem que intervir, dar informações e elaborar questões geradoras.
- ME1 explicou as etapas para se trabalhar ou propor estratégias de ensino fundamentadas em modelagem. A apresentação de cada etapa desencadeou longas discussões com o grupo. Cada professor pôde manifestar suas interpretações e dúvidas.
- A coordenadora discutiu a importância de se manter a coerência ao se trabalhar nessa perspectiva, enfatizando que não se pode apenas inserir a atividade em qualquer contexto, mas deve-se criar um ambiente de ensino favorável antes e dar continuidade ao mesmo depois.
- Discutiu-se a importância de associar (para os alunos) as etapas que os alunos estão vivendo com o contexto científico (por exemplo: as socializações dos modelos elaborados equivalem a comunicações em congressos, etc.)
- Discutiu-se a importância e as dificuldades de sair da metodologia tradicional e buscar o “novo”.
- Em pequenos grupos, eles discutiram possíveis temas para desenvolver estratégias de ensino na perspectiva da modelagem.

Ainda sobre essa primeira etapa, é importante enfatizar que os Membros da Equipe reuniam-se regularmente nas semanas entre um encontro e outro para planejar ou adaptar o encontro seguinte a partir de leituras e discussões de artigos e reflexões sobre as demandas do grupo. Esse movimento em equipe de planejamento, ação, investigação da ação, reflexão crítica sobre a ação e seus resultados, replanejamento, nova ação e assim sucessivamente, pode ser interpretado como a

realização de uma pesquisa-ação pelos Membros da Equipe visando uma potencialização do processo de formação dos professores e progressiva melhora.

Em termos da participação dos professores, foi interessante perceber que, apesar de não serem *experts* no assunto, eles não se sentiam aquém da situação, meros expectadores ou incompetentes para questionar. A nosso ver, isto indicou a ocorrência da colaboração dentro do grupo (dissolução de fronteiras hierárquicas). Isto será discutido mais amplamente nas análises dos resultados, mas consideramos importante pontuar aqui para que o leitor visualize as etapas do trabalho do grupo como algo desenvolvido com a participação do coletivo para o coletivo, sendo a colaboração efetiva o grande diferencial.

Características do processo de elaboração das estratégias – Etapa 2

Encontros 8, 9 e 10: Pesquisa, planejamento e elaboração das estratégias

- Os professores se organizaram em três subgrupos conforme a compatibilidade de interesses pelos temas propostos, por eles mesmos, para a elaboração das estratégias. Cada subgrupo foi constituído por três professores e por um ou dois Membros da Equipe.
- Os três temas selecionados foram: ‘ligação metálica’, ‘interações intermoleculares’ e ‘energia envolvida nos processos químicos’.
- Cada subgrupo se dedicou ao estudo e pesquisas sobre o tema (busca e leitura de artigos, livros etc.).
- Durante esses três encontros as discussões e proposições das estratégias foram realizadas nos subgrupos.
- Os professores tiveram oportunidade de desenvolver, reforçar e consolidar, na prática, os novos conhecimentos adquiridos em termos da elaboração e planejamento da nova estratégia de ensino aprendida.

Encontros 11 e 12: Socialização e finalização das estratégias

- Cada subgrupo apresentou sua proposta de ensino submetendo-a a avaliação dos colegas. Esses momentos se caracterizaram por discussões, questionamentos e contribuição de todos os participantes com sugestões e críticas.
- Quando necessário, os subgrupos reformularam suas estratégias e as finalizaram.
- Foram promovidas trocas de experiências entre os pares e mais uma oportunidade de desenvolvimento e aprimoramento dos novos conhecimentos.

Características das aplicações das estratégias e discussões no grupo – Etapa 3

Encontros 13, 14, 17 a 24: Aplicação das estratégias, socialização das aplicações, discussão e análise dos resultados

- Os professores se dedicaram à aplicação das estratégias de ensino em pelo menos uma de suas salas de aula. Nem todos puderam desenvolver essa etapa por motivos de currículo diferenciado e/ou cronograma original do professor e/ou da escola e séries nas quais estavam lecionando, mas a maioria deles o fez.
- Tal etapa ocorreu em momentos distintos e teve duração variada em função do tema da estratégia a ser aplicada, do número de aulas necessárias (o que foi influenciado tanto pelo número de atividades propostas quanto pelas condições de ensino em cada escola), do cronograma original do professor e/ou da escola.
- Nos encontros quinzenais, os professores cujas aplicações estavam em andamento tinham a oportunidade de compartilhar com o grupo sua

experiência, trocar informações e solucionar dúvidas, além de ficar responsáveis por selecionar e apresentar para o grupo os dados mais interessantes (no ponto de vista de cada um deles) das produções dos alunos para serem discutidos.

- Nesses encontros, no geral, o professor que estava aplicando a estratégia falava de suas impressões e dificuldades, das surpresas que apareceram e de como os alunos se comportaram, apresentava os resultados do desenvolvimento de seus estudantes, as impressões e comentários deles, apontava pontos positivos, negativos e possíveis mudanças/adaptações da estratégia aplicada.
- Os professores que assistiam, no geral, esclareciam dúvidas, questionavam para entender as explicações de quem apresentava, comparavam e previam o que aconteceria em seu contexto, sugeriam mudanças/adaptações na estratégia, apontavam os pontos positivos e negativos a partir da análise dos resultados apresentados pelo colega.
- Esses momentos foram proporcionados para dar suporte aos professores que estavam desenvolvendo a pesquisa-ação, no sentido de (i) superar algumas dificuldades e inseguranças; (ii) refletir e analisar criticamente com eles os resultados de sua prática, verificando a validade da proposta de ensino; (iii) compartilhar as experiências e a percepção das aplicações das estratégias nos mais diversos contextos de ensino.
- As vivências pessoal e prática em termos da aplicação concreta no ensino (dentro do contexto real e individual de cada professor) da nova metodologia proporcionaram mais uma oportunidade valiosa de troca de experiências entre os pares e de desenvolvimento e aprimoramento dos novos conhecimentos.

Nos encontros 15 e 16 foram discutidos trabalhos desenvolvidos por alguns professores para serem apresentados no XIII Encontro Nacional de Ensino de Química, em Campinas. Isso porque, aos professores que se disponibilizaram, foi dada a oportunidade de desenvolver uma produção científica a partir de um planejamento de aula elaborado por eles mesmos na perspectiva da modelagem.

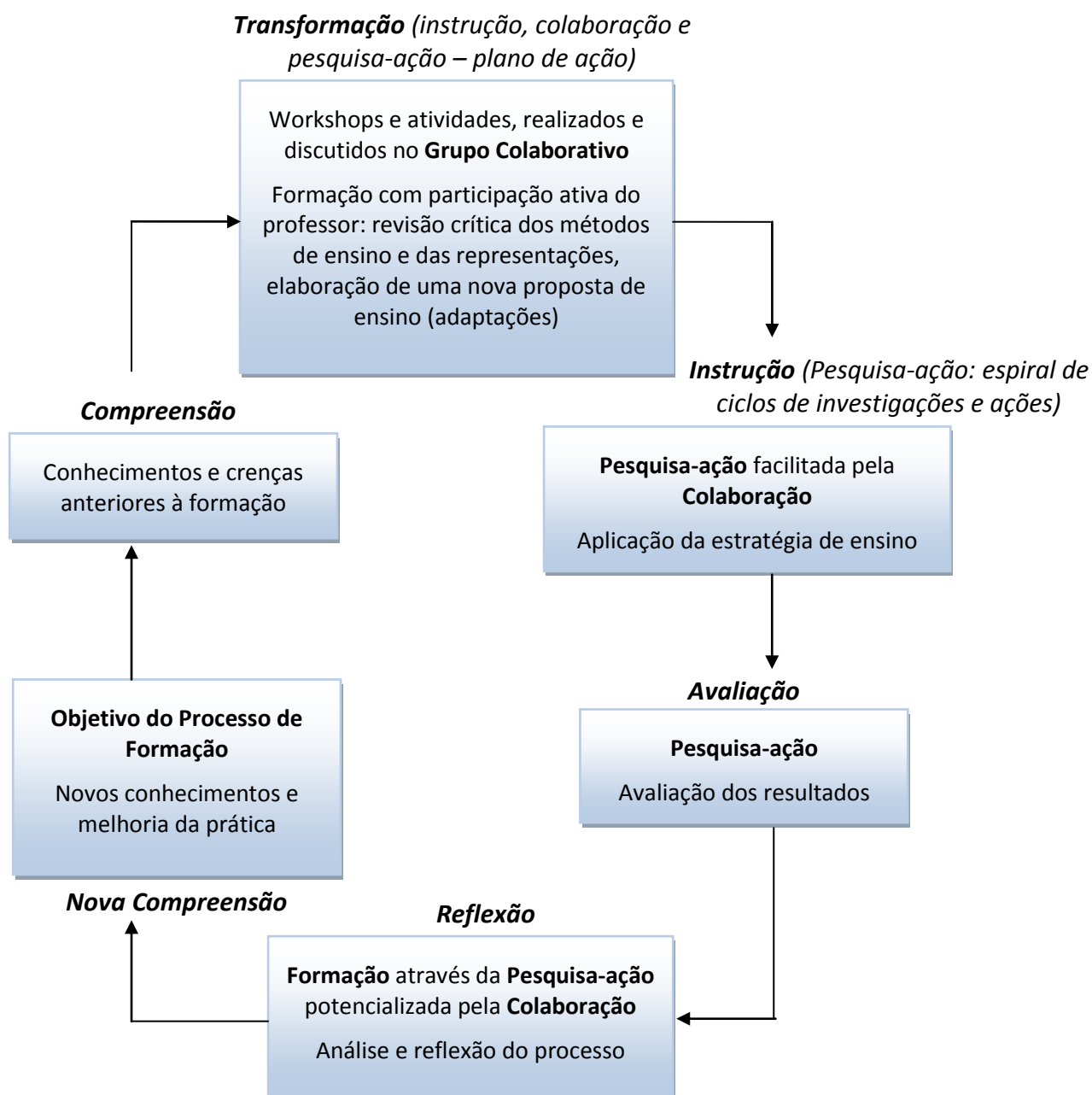


Figura 6. Diagrama do Processo de Formação dos Professores de Química segundo o Modelo de Raciocínio Pedagógico.

Essa sequência de encontros do grupo baseou-se na perspectiva de como os professores desenvolvem seus conhecimentos, segundo o Modelo de Raciocínio Pedagógico apresentado no capítulo 2. O diagrama apresentado na figura 6 enfatiza esses relacionamentos.

Segundo a figura 6, o processo de formação dos professores se iniciou buscando acessar os conhecimentos prévios e crenças dos mesmos – que compõem sua compreensão inicial de sua prática de ensino – para, a partir deles, planejar os encontros. Desse modo, os planejamentos dos workshops, o que e como seria apresentado, e quais atividades seriam realizadas, fundamentaram-se nas buscas e expectativas dos professores, bem como em aspectos que pudessem desafiar as concepções iniciais dos mesmos. Nessa etapa, os professores participaram ativamente analisando e interpretando criticamente desde materiais curriculares e modelos de ensino usados por eles mesmos em suas aulas até artigos que discutissem concepções e dificuldades dos estudantes e novas perspectivas de ensino.

Depois de favorecer o interesse dos professores por uma nova proposta de ensino de química – a modelagem – a etapa de transformação culminou na elaboração, por eles, de estratégias para serem aplicadas em suas salas de aula. Essa construção caracterizou o início do processo de pesquisa-ação realizado por cada professor sobre sua própria prática. A pesquisa-ação foi estimulada para que o professor reconhecesse sua capacidade de desenvolver planos de aula baseados na proposta da modelagem e percebesse a aplicabilidade desta em seu contexto real de ensino, além de aplicar os pressupostos teóricos que haviam sido discutidos anteriormente.

Depois de finalizadas as estratégias, os professores começaram a desenvolvê-las em suas salas de aula, de modo que a interação com os estudantes através da instrução gerou dúvidas, suscitou novas buscas, reflexões, replanejamentos e adaptações, promovendo uma aprendizagem sobre a estratégia de ensino na prática.

A continuidade da pesquisa-ação nessa etapa exigiu do professor uma coleta e análise de dados (as produções dos alunos, por exemplo), o que permitiu a ocorrência de uma etapa posterior, a reflexão e avaliação das conseqüências, dos resultados de sua prática de ensino. Essa etapa foi essencial para definir quais concepções e conhecimentos, até então adquiridos pelos professores, pareciam estar consolidados ou terem sido rejeitados, o que dependeria de sua satisfação final, de sua percepção ou não de uma melhoria da prática.

SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Em termos desse desenho metodológico do Projeto de Formação dos Professores, os critérios estabelecidos para a seleção da amostra a ser estudada neste trabalho foram professores que:

- participavam de um mesmo subgrupo e, portanto, desenvolveram um mesmo tema na elaboração e aplicação da estratégia de ensino;
- tinham frequência regular no grupo e aparentavam intenção de frequentá-lo até o final;
- apresentavam características profissionais diferentes (tempo de formação, prática docente etc.), permitindo comparações interessantes de seu desenvolvimento com sua experiência prévia;
- estavam disponíveis e interessados a participar tanto do grupo quanto dessa pesquisa (viabilidade de coleta de dados).

Para se verificar principalmente os dois primeiros aspectos, essa seleção foi feita após a elaboração das estratégias de ensino pelos professores, o que implicou em uma coleta de dados inicial de todos os professores.

De acordo com os critérios e, levando-se em consideração uma proposta de análise dos dados a partir de estudos de caso, duas professoras foram selecionadas, Carla e Helem (codinomes criados para preservar a identidade das mesmas).

A professora Carla formou-se em Licenciatura em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais em 1987 e lecionava essa disciplina para estudantes do ensino médio há dezoito anos quando o projeto se iniciou. Coincidentemente, em todo esse período, a professora lecionou em várias escolas, mas sempre da rede particular de ensino.

A professora Helem também é formada em Licenciatura em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais, mas concluiu o curso em 2004. Ela leciona química para estudantes do ensino médio e fundamental. Quando o projeto se iniciou, sua experiência de sala de aula era de quatro anos e, durante esse período, ela também atuou somente na rede particular de ensino.

Além das características de suas práticas de ensino, que serão pontuadas nas descrições dos estudos de caso, as professoras se diferenciam pelo fato de Helem ter mantido seu vínculo com a Universidade desde sua formação. No período de desenvolvimento do projeto, ela estava iniciando o Mestrado em Educação, ou seja, já fazia parte do grupo de pesquisa da professora Rosária. Sendo assim, Helem participou deste processo sob duas dimensões: especialista – principalmente contribuindo com seus conhecimentos anteriores sobre modelos – e aprendiz, especialmente por não ter muito conhecimento sobre modelagem.

METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados²³ focando os objetivos dessa dissertação se configurou em diversos momentos, podendo apresentar algumas diferenças entre as professoras devido à diferenciada participação das mesmas:

Antes do egresso das professoras no projeto:

- Entrevista 1 para caracterizar as idéias prévias da professora Carla sobre modelos e modelagem, bem como sua prática docente e a expectativa em relação à participação no projeto;
- Análise da monografia de conclusão do curso de Licenciatura da professora Helem (cuja referência que não será citada para preservar o anonimato), que discutia sobre o uso de uma analogia no ensino de química, visando caracterizar suas idéias prévias sobre modelos e modelagem e sua prática docente.

Durante o desenvolvimento do projeto:

- Observações e anotações de campo dos encontros do grupo de pesquisa para continuar caracterizando as idéias prévias da professora Helem, bem como caracterizar alguns conhecimentos adquiridos e suas visões sobre o projeto do grupo colaborativo;
- Registro escrito durante as diversas atividades realizadas e após os encontros de workshop (questionários²⁴ – modelo Anexo II), caracterizando as idéias, impressões e expectativas da professora Carla;

²³ Os objetivos do grupo colaborativo ultrapassam as dimensões deste trabalho, portanto é importante ressaltar que os métodos explicitados visam alcançar as metas desta proposta de pesquisa mesmo que algumas vezes eles sejam pertinentes para ambos os projetos.

²⁴ Esses questionários foram respondidos por todos os participantes e serviram como fontes de dados para a elaboração dos workshops.

- Registro em áudio e vídeo de todos os encontros do grupo colaborativo, exceto dos encontros de elaboração das estratégias (devido à disponibilidade de apenas uma câmera para vários subgrupos). Nesses encontros, foram registradas notas de campo pelos ME que participavam de cada subgrupo;
- Entrevista 2 realizada com as professoras após a elaboração da estratégia e do artigo científico e antes da aplicação da estratégia em suas salas de aula, para verificar seus conhecimentos desenvolvidos até então e as influências dessas etapas, além das expectativas e hipóteses sobre a futura aplicação.
- Gravação em vídeo e observação das aulas em que as professoras aplicaram as atividades planejadas;

Após o término do projeto:

- Pós-entrevista com as professoras, para identificar como elas perceberam o processo e a influência do mesmo em sua prática docente, bem como a identificação dos conhecimentos desenvolvidos.

A utilização de tal estratégia de pesquisa mostrou-se adequada e importante no sentido de:

- possibilitar um estudo detalhado de vários aspectos do conhecimento das professoras em um período de tempo relativamente amplo, avaliando, em médio prazo, as ações que as mesmas realmente integraram à sua prática;
- abranger condições contextuais da sala de aula que podem influenciar na aplicação de uma metodologia de ensino baseada em modelagem;
- permitir a generalização de proposições teóricas relativas às abordagens usadas pelos professores e aos processos usados por eles na proposição de tal abordagem – o que pode contribuir para outras iniciativas relacionadas com formação de professores.

A validação desses dados coletados foi buscada através da utilização de múltiplas fontes de coleta. Por exemplo,

- A observação do desempenho/desenvolvimento dos professores nos workshops, encontros de discussão e na aplicação das estratégias, a partir dos vídeos, pode validar os relatos periódicos nas entrevistas (e vice-versa).
- O conhecimento declarado pelas professoras antes do início do projeto pode ser validado a partir das falas recorrentes dos professores nos demais episódios.

Além disso, os estudos de caso produzidos para cada professora foram validados por elas mesmas a partir de uma leitura com o objetivo de identificar algum dado ou interpretação inadequada dos mesmos.

Foram previstos também os seguintes cuidados éticos:

- Autorização das professoras para acompanhamento de suas práticas docentes (filmagens e materiais produzidos) e para a realização de entrevistas através de assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo III).
- Autorização da direção das escolas, dos alunos e de seus pais ou responsáveis para a realização da filmagem dos alunos nas aulas das professoras (também através da assinatura de Termos de Consentimento Livre e Esclarecidos específicos para cada um deles) (Anexo IV).

A utilização da metodologia proposta permitiu caracterizar detalhadamente todo o processo vivenciado pelas professoras e inferir, a partir de evidências, quais as etapas foram mais relevantes para o desenvolvimento de cada conhecimento e, ao mesmo tempo, como o processo contribuiu para o desenvolvimento dos conhecimentos adquiridos por elas.

CATEGORIAS GERADAS PARA A ANÁLISE DE DADOS

Buscando organizar os dados, de forma a favorecer a construção de respostas para as questões de pesquisa desse trabalho, foram criadas categorias que definissem o tipo de conhecimento demonstrado pelas professoras, tanto em relação aos conhecimentos básicos de professores que são focados aqui (conhecimento de conteúdo, PCK e seus domínios) quanto em relação aos conhecimentos sobre modelos e modelagem na ciência e no ensino.

As definições foram feitas a partir (i) da revisão da literatura sobre os conhecimentos básicos de professores e suas devidas adaptações para um ensino de ciências através da modelagem (Shulman, 1986; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Justi & van Driel, 2005; Justi R. , 2003; Ferreira & Justi, 2007) e (ii) das análises prévias realizadas em nossos dados.

A categorização dos dados permitiu uma visualização da evolução temporal dos conhecimentos das professoras em cada um dos aspectos, o que deu suporte para discussões e conclusões posteriores sobre as questões de pesquisa.

As duas primeiras categorias apresentadas a seguir estão relacionadas ao conhecimento de conteúdo das professoras, ou seja, ao conhecimento sobre modelos e modelagem na ciência (Justi & van Driel, 2005).

1. IDÉIAS SOBRE MODELOS. Expressa um entendimento ou concepção do professor sobre:
 - 1.1) Natureza: o que é um modelo, bem como características intrínsecas a eles como, por exemplo, ser fruto de uma atividade mental, possuir limitações, existência de múltiplos modelos para uma mesma entidade etc.

- 1.2) Entidade: aquilo que pode ou não ser modelado²⁵. Por exemplo: entidades concretas ou abstratas, processos e fenômenos, objetos, idéias etc.
 - 1.3) Uso: para que servem os modelos. Por exemplo, para fundamentar explicações de fatos e fenômenos, para favorecer a visualização de algo abstrato, para expressar e comunicar idéias a outros.
 - 1.4) Estabilidade: a evolução dos modelos historicamente conforme as necessidades e evoluções da ciência. Inclui idéias como: modelos são dinâmicos, modelos não podem ser julgados como corretos, mas como adequados a uma dada situação.
2. IDÉIAS SOBRE PROCESSO DE MODELAGEM. Expressa um entendimento do professor sobre:
- 2.1) Objetivos: para que e/ou porque os modelos são construídos e reformulados.
 - 2.2) Passos a serem seguidos no desenvolvimento: quais as etapas ocorrem e/ou são importantes no processo de modelagem.
- As próximas categorias (Justi, 2003) estão associadas ao PCK das professoras, de acordo com a definição assumida para esse conhecimento nessa dissertação e seus domínios (propostos a partir dos dados deste trabalho).
3. IDÉIAS SOBRE MODELOS E ATIVIDADES DE MODELAGEM NO ENSINO. Expressa um entendimento ou concepção do professor sobre:
- 3.1) Validade/Importância no ensino: as influências que um ensino baseado em modelos e/ou modelagem pode acarretar à **formação geral** do estudante,

²⁵ Enfatizamos que as descrições dessas categorias foram elaboradas segundo o que as professoras explicitaram.

assumindo que o professor entende que tais aspectos são importantes na formação do mesmo.

3.2) Relevância para o ensino de ciências: as influências que um ensino baseado em modelos e/ou modelagem pode acarretar à **formação do estudante em ciência**, assumindo que o professor entende que tais aspectos são importantes na formação do mesmo.

3.3) Momento adequado: quando a introdução desse tipo de abordagem e metodologia no ensino é necessária e/ou mais apropriada, ou ainda, quando não convém utilizá-la.

4. USO DE MODELOS NO ENSINO. Expressa um entendimento do professor sobre:

4.1) A existência de vários modelos: a importância de o estudante compreender isso, assim como a razão disso, e a influência desse entendimento na formação do estudante e em sua aprendizagem sobre modelos e ciência.

4.2) Discussão dos vários códigos de representação e suas limitações: a importância de o estudante compreender isso, assim como a razão disso, e a influência desse entendimento na formação do estudante e em sua aprendizagem sobre modelos e ciência.

5. ELABORAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MODELAGEM PARA O ENSINO. Expressa um entendimento do professor sobre:

5.1) Elaboração: aspectos que, ao serem considerados na elaboração de uma estratégia de modelagem, podem favorecer o ensino e a aprendizagem de um determinado tema.

6. CONDUÇÃO DE ATIVIDADES DE MODELAGEM NO ENSINO. Expressa um entendimento do professor sobre:

- 6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes: até que ponto o professor pode ou deve: fornecer respostas aos estudantes ou questionar suas dúvidas, conduzindo-os à construção de suas próprias respostas, fazer julgamento de suas idéias e concepções e/ou levá-las em consideração.
- 6.2) Adaptações para diferentes contextos: o reconhecimento de aspectos que podem ou devem ser incorporados a outras metodologias de ensino, e como; quando a estratégia de modelagem pode ou deve ser usada na íntegra e, quando isto não é viável; quando é adequado e relevante, para a aprendizagem dos estudantes, adaptar estratégias de modelagem, ou ainda, extrapolar alguns aspectos – e quais – para outros contextos de ensino – assumindo que o professor valida a estratégia e/ou os aspectos na promoção de uma aprendizagem mais efetiva dos estudantes.
- 6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem: as ações que podem contribuir para que os estudantes elaborem sozinhos seus modelos, expressem seus modelos de forma coerente, testem e reformulem seus modelos.
7. IDÉIAS RELACIONADAS AO ENTENDIMENTO DOS ESTUDANTES SOBRE MODELOS E MODELAGEM. Expressa um entendimento do professor sobre:
- 7.1) Relevância: a contribuição dos modelos e da modelagem para se ter acesso às idéias dos estudantes e a importância de se conhecer essas idéias, sobre modelos e modelagem, para uma boa condução da estratégia em sala e/ou para promover um ensino que favoreça a aprendizagem dos mesmos.
- 7.2) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelos: o que o professor sabe, ou acredita, sobre o que é mais difícil ou mais fácil para seus estudantes em relação aos modelos, e sobre os fatores que podem interferir nessa dificuldade.

- 7.3) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelagem: o que o professor sabe, ou acredita, sobre o que é mais difícil ou mais fácil para seus estudantes em relação à modelagem, e sobre os fatores que podem interferir nessa dificuldade.
8. IDÉIAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES SOBRE/A PARTIR DA MODELAGEM. Expressa um entendimento ou concepção do professor sobre:
- 8.1) A aprendizagem do estudante: os benefícios para a aprendizagem dos estudantes decorrentes do ensino baseado na modelagem.
- 8.2) Métodos de Avaliação: reconhecer as dimensões que devem ser avaliadas e as possíveis formas e instrumentos adequados para avaliar conceitos aprendidos e habilidades desenvolvidas pelos estudantes no processo.
9. ORIENTAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS BASEADO NA MODELAGEM. Metas e objetivos traçados pelo professor para o ensino:
- 9.1) Tipo de orientação: o que o professor considera importante que o estudante aprenda e de que forma essa aprendizagem pode ser potencializada.

Ressaltamos, ainda, que o item 8.2 foi acrescentado nas categorias por sua grande relevância. Contudo, ele não será abordado neste trabalho por não existir na literatura uma descrição clara de como se avaliar esse tipo de metodologia de ensino (em nosso grupo de pesquisa existe um trabalho em andamento sobre esse tema específico).

METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

O esquema da figura 7 apresenta um panorama das etapas que foram realizadas no processo de tratamento e análise dos dados coletados e que são discutidas nessa seção.

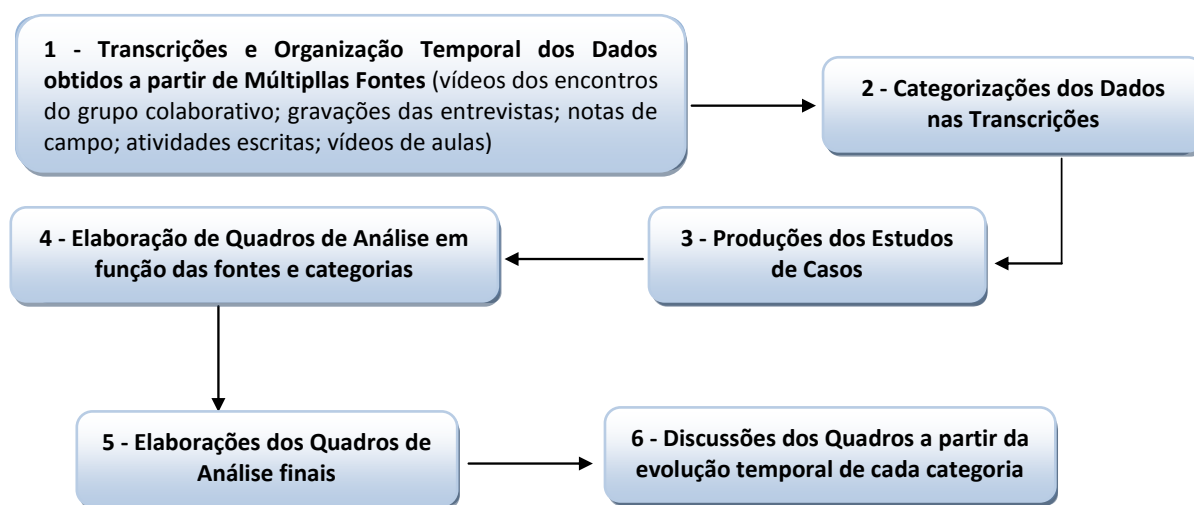


Figura 7. Esquema das Etapas de Tratamento e Análise dos Dados.

As etapas 1 e 2 foram realizadas no sentido de organizar os dados e validar as categorizações iniciais para facilitar a posterior produção dos estudos de caso. Entre essas etapas, uma análise prévia dos dados favoreceu as definições das categorias apresentadas na seção anterior. A partir dessas categorias estabelecidas, os dados foram classificados através de discussões e consensos entre a pesquisadora e a orientadora dessa dissertação (etapa 2). Essa discussão teve por objetivo favorecer a validade interna da análise, aumentando sua credibilidade (Cohen, Manion & Morrison, 2000).

Na etapa 3, a partir da análise realizada na etapa anterior, foram produzidos estudos de caso para cada uma das professoras (ver próximo capítulo). Eles procuraram descrever temporalmente as participações de Carla e Helem no projeto de formação continuada, além de suas idéias e concepções que foram explicitadas neste. Devido a

algumas especificidades das professoras, os estudos se diferenciaram em alguns aspectos, mas, em geral, eles foram construídos a partir das descrições de:

- Características pessoais e profissionais das professoras, segundo relatos das mesmas;
- Aspectos que motivaram a participação e permanência delas no projeto de formação;
- Idéias, concepções e ações das professoras que evidenciassem seu conhecimento de conteúdo sobre modelos e modelagem na ciência;
- Idéias, concepções e ações das professoras que evidenciassem seu PCK sobre modelos e modelagem no ensino de química;
- Reflexões das professoras sobre a importância e a validade de cada etapa vivenciada no projeto, bem como as influências dessas etapas em suas práticas docentes;
- Auto-reflexão de cada professora sobre sua prática e sobre si mesma como professora.

Em relação a esses aspectos também é importante ressaltar que:

- Ao serem identificadas idéias e/ou concepções das professoras que evidenciassem o conhecimento de conteúdo ou o PCK sobre modelos e modelagem das mesmas, foram transcritas algumas de suas falas que ressaltassem tais evidências. Devido à possibilidade de um mesmo trecho apresentar várias idéias simultaneamente, alguns foram citados mais de uma vez. Nesses casos, as idéias relevantes correspondentes a cada momento foram destacadas por um grifo.

- As descrições das reflexões e auto-reflexões das professoras foram feitas a partir da seleção dos dados segundo o entendimento de reflexão apresentado neste trabalho (Dewey, 1979; Silva & Araújo, 2005; Nery, 2007).
- Tendo finalizado a descrição dos estudos de caso, sua validação foi promovida pelas revisões dos mesmos feitas pelas próprias professoras. Ao ler seu respectivo estudo de caso, cada professora confirmou a autenticidade dos relatos e a veracidade e coerência das interpretações.

A etapa 4 também representou uma fase de organização dos dados registrados nos estudos de caso. Isto foi feito a partir da elaboração de um quadro de análise prévio (Anexo V), de maneira a favorecer a elaboração dos quadros de análise finais (apresentados no capítulo 4).

Na elaboração desses quadros finais (etapa 5), apresentados logo após cada estudo de caso, a coluna denominada ‘fontes dos dados’ foi substituída por ‘etapa do processo’, estando essas etapas associadas ao diagrama da figura 6. Foi adicionada ainda, uma coluna classificando os tipos de conhecimentos e/ou processos reflexivos identificados nos momentos nos quais as professoras explicitaram seus conhecimentos.

Os critérios de análise utilizados nas etapas 4 e 5, assim como os resultados obtidos nas mesmas, foram discutidos intensamente pela autora deste trabalho e por sua orientadora. Isto também foi feito visando garantir a validade interna da pesquisa.

Finalmente, as discussões que procedem aos quadros fundamentaram-se nos dados explicitados nos mesmos. Tais discussões subsidiaram a discussão das questões de pesquisa.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

INTRODUÇÃO

Os resultados serão apresentados em três etapas, para cada professora, separadamente:

- Estudo de Caso da professora, apresentando todas as suas idéias relevantes ao tema estudado neste trabalho;
- Síntese dos dados em tabelas, que relacionam a etapa vivenciada pela professora dentro do processo de formação, as formas de conhecimentos explicitadas e/ou processos reflexivos desencadeados em cada etapa, os conhecimentos desenvolvidos (de acordo com as categorias apresentadas no capítulo 3) e as evidências desse desenvolvimento;
- Análise e discussão desses dados.

Nos estudos de caso utilizamos alguns códigos que são apresentados a seguir:

- Ao apresentar falas das professoras explicitamos as fontes dos dados: ENTx – correspondendo às entrevistas; ENCx – correspondendo aos encontros do projeto; Qx – correspondendo aos questionários respondidos pelas professoras; Ax – correspondendo às aulas desenvolvidas pelas professoras. Em todos eles, “x” é o número de ordem.
- Também foram utilizados códigos para se referir aos: membros do grupo de pesquisa da coordenadora (MEx), outros professores participantes do projeto, exceto a amostra (Px), alunos que discutiam com as professoras nas aulas, enfatizando os grupos aos quais eles pertenciam (AxGy). Como anteriormente, “x” é o número de ordem e “y” é um número que identifica o grupo de alunos.

ESTUDO DE CASO DA PROFESSORA CARLA

Inicialmente, a título de contextualização, são comentadas algumas das características pessoais e profissionais da professora anteriores à experiência vivenciada no grupo colaborativo.

A visão da professora sobre ela mesma enquanto professora e sobre sua prática

Como apresentado anteriormente, em um primeiro momento do projeto, Carla foi entrevistada visando expressar sua visão de si mesma enquanto profissional e de sua prática rotineira. Ao responder sobre suas metas no ensino de química, ela enfatizou especialmente dois aspectos, um de caráter profissional e outro pessoal:

“Bom, primeiro um objetivo prático: quero aprovar mais no vestibular. Eu fico feliz quando aumenta a porcentagem de alunos aprovados e eu sei que a química tem um papel nisso. (...) Gostaria que todos eles gostassem de química. Fico muito feliz quando tem um que gosta.” (ENT1)

Na busca para alcançar êxito neste objetivo profissional, a professora comentou sobre as estratégias e recursos de ensino que dispunha e utilizava em seu contexto escolar:

“... atividades do livro. Esse livro tem muitas questões de vestibular, mas a maioria é de fora. Como visamos o vestibular da UFMG, monto um estudo dirigido de exercícios. Todos os dias eles levam para a casa uma lista de exercícios, dou um monte de exercícios. Isso me faz perder tempo, mas acho que é assim que eles aprendem.” (ENT1)

Relatando ainda sobre seu contexto, ela comentou sobre suas dificuldades em utilizar um novo material didático proposto e seus conflitos para cumprir o programa previsto:

“Esse ano eles estão começando a usar um livro da Rede²⁶... Os alunos trabalham muito em sala, com construção de conhecimento. Um negócio que toma um tempo...

²⁶ Referindo-se à Rede de ensino na qual ela era professora.

Professores que ficam preocupados com o cronograma endoidam. Porque toma um tempo... O material é bem diversificado. Um tipo de material que faz o professor estudar muito também. Mas falta uma orientação. Não sei nem se eu, que revisei o material, estaria preparada para utilizá-lo.” (ENT1)

Ao ser questionada sobre as estratégias de ensino que utilizava, Carla relatou que:

“Não inovo muito. Muita aula expositiva. (...) Uso power point, multimeios, mas ainda assim é aula expositiva. É o tradicional. Não tem nada de excepcional. Uso o laboratório de informática. Motiva alguns por algum tempo. Eu não faço nada de extraordinário. Não inovo muito. Costumo usar as práticas que eu já tenho prontas. Geralmente, vem a teoria primeiro.” (ENT1)

Ela também acrescentou que, em relação à condução das aulas:

“Eu pergunto muito. (...) procuro apenas conduzir as discussões, apesar de ficar muito ansiosa. Eu me contenho para não concluir para eles. Tenho pavor de apresentação de trabalhos. Sei que é bom para eles... preciso me preparar para isso... eles são feitos, em geral, em sala (...). Quando temos aula em laboratório, eu deixo metade da turma no laboratório ao lado fazendo alguma atividade, enquanto a outra metade faz a prática. A única coisa que faz falta é um técnico.” (ENT1)

Na intenção de motivar seus estudantes, Carla comentou sobre sua busca em aprender e aplicar novas propostas, através de discussões e trabalhos com seus colegas, ao mesmo tempo em que ressaltou a pouca disponibilidade para isso:

“Eu trabalho muito com o professor de física. Eu participo sempre que tem uma brecha. Geralmente eu trabalho com a geografia, com a biologia ou com a física.” (ENT1)

“Eu sempre achei isso interessante. Sempre tive colegas da área que a gente sentava, conversava: ‘Então o que você acha? Vamos bolar uma atividade?’. Coisas assim interessantes... sempre gostei muito. Mas a gente não tem tempo pra isso! Faz muita falta porque você pode estar deixando de aprender muita coisa.” (ENT2)

Esse interesse em inovar, demonstrado pela professora nesse último trecho, pode ser interpretado como uma das causas de seu ingresso no projeto de formação continuada. Por outro lado, a consideração que ela faz do pouco tempo disponível poderia justificar uma participação não contínua da mesma, o que não ocorreu. Ao

contrário, a professora esteve freqüente em todos os encontros realizados no processo e participou de todas as atividades propostas.

Como a professora entrou no grupo e o que a motivou a permanecer

Em um segundo momento, ao ser questionada sobre fatores que motivaram sua entrada no grupo, Carla fez um breve relato de sua carreira e de seus anseios:

“Na verdade, eu me formei em 87, e naquela época, de maneira geral, quem fazia pós, mestrado, era só quem queria seguir carreira acadêmica, e eu não tinha a menor intenção de permanecer na Química (se referindo ao Departamento de Química). Eu não pensei em fazer nada na época; falei assim: Ah! Depois eu faço. E o que aconteceu? Eu comecei a trabalhar logo no ano seguinte e não parei mais. E cada vez pegava mais aula, mais aula, mais escola... e eu deixei de fazer muita coisa por causa disso. Porque eu tinha aula demais, mas eu tinha que ganhar dinheiro. Aí eu tentei voltar para fazer uma especialização. Eu fiz a seleção e quando estava para começar um colégio me chamou, aí eu pensei – preciso de dinheiro – conversei lá na FAE e não fiz. Numa segunda tentativa em voltar, eu fiz a seleção e não passei. Daí a Rosária²⁷, já sabendo do meu interesse, me convidou a participar do grupo. Foi por interesse meu. Eu estava desanimada, mas eu queria ver se mudava a situação... não me mexia muito também não, entendeu? Eu queria que acontecesse alguma coisa. Aí quando ela me convidou eu fiquei muito feliz!” (ENT2)

Em seguida, foi solicitado a ela que comentasse sobre aspectos que motivavam sua permanência e participação assídua no grupo:

“Olha, só pra começar, que a maioria de vocês é muito mais jovem do que eu, alguns podiam ser meus filhos... e o meu contato com jovens ultimamente tem sido com os adolescentes, só. Então assim, isso foi legal, foi interessante. E eu acho todo mundo desse grupo muito inteligente... jovens com cabeças muito legais. Vocês me motivaram, me levaram a acreditar mais. Porque quando a gente chega assim e vê... Porque quando eu comecei a dar aula, eu escolhi isso por vocação, não foi por segunda opção, eu queria! Então esse entusiasmo inicial parece que é só no começo. Então eu fiquei olhando para vocês, a maioria já trabalhando, e fiquei pensando: será que isso também vai passar para eles? A vontade, a motivação? Aí no começo eu achava que sim, mas depois eu fiquei vendo que não, que vocês produziam coisas diferentes... muita diferença entre as nossas formações.” (ENT2)

Ao comentar sobre algumas atividades realizadas no grupo, Carla ressaltou que:

²⁷ A professora já conhecia a coordenadora do grupo.

“Eu acho que essas atividades que motivam a gente deveriam acontecer sempre. Porque a gente nota nos professores é essa falta de motivação. Hoje em dia eu não faço nada que eu não quero, sabe? Nada! Então, por exemplo, quando eu vim para o grupo, falei ‘claro que eu quero e tal’, mas se não tivesse me agradando, eu não estava aqui mais nunca. Então assim, é uma coisa que tem me agradado muito!” (ENT2)

Em relação à questão levantada nesse segundo momento, os trechos apresentados sugerem que a busca da professora por novas perspectivas de ensino e, principalmente, por motivação, aos poucos foi sendo contemplada por sua participação no grupo, o que justificou sua frequência e satisfação.

Considerando essa construção do perfil da professora Carla, fundamentada em suas manifestações iniciais sobre si mesma, sua prática, suas buscas, anseios e crenças, no decorrer dos próximos relatos das experiências vividas, crenças e/ou conhecimentos expressos por ela no projeto de formação, convidamos o leitor a buscar relações entre, e influências de, essas características e concepções no processo. As descrições são apresentadas conforme uma evolução temporal das idéias e conhecimentos da professora.

Identificação dos aspectos que evidenciam o Conhecimento de Conteúdo da professora

Na primeira entrevista, realizada antes do início das atividades do grupo, Carla não apresentou uma definição formada para modelos e expressou um entendimento sobre a possibilidade de existência de vários modelos, dependendo do foco:

“... entender que ele pode usar qualquer um daqueles modelos dependendo do que ele queria explicar”. (ENT1)

Em termos das entidades que podem ser modeladas, ela não explicitou nada e falou da função dos modelos no ensino:

“Só para ele (um estudante) entender o conceito de modelo”. (ENT1)

Quando questionada sobre modelagem, Carla descreveu uma experiência de sala da aula freqüentemente utilizada para discutir com alunos o significado de modelos:

“... uma atividade com modelos que usei no 1º ano. Acho que foi o único de construção de modelos que utilizei. Fiz em três dias. A primeira parte é desenhar a televisão, aí discute: o modelo é a televisão, não é, o que é um modelo. Depois eles desenharam um átomo e, finalmente, manda eles desenharem num balão, gás hélio e gás nitrogênio utilizando bolinhas. Achei bacana. Eles se envolveram.” (ENT1)

Acreditamos que assim ela demonstrou uma idéia de que modelar seria trabalhar com modelos entendendo o que são modelos – no sentido de que eles não são a realidade –, e não o processo de elaborar, expressar e testar modelos.

No segundo encontro, no qual ocorreu a discussão sobre modelos e sua importância no ensino, a participação de Carla explicitou conhecimentos mais objetivos sobre a natureza dos modelos:

“Modelo é fruto de um trabalho mental. Uma representação que explica. Eu pensei nessa fórmula (KMnO_4) como um modelo exatamente por expressar uma relação de proporção.” (ENC2)

Ela também demonstrou entender outras funções para os modelos:

“Um modelo tem como função explicar algo, mostrar também aquilo que você não vê e que deve estar acontecendo.” (ENC2)

No terceiro encontro, no decorrer de discussões sobre modelos de ensino e curriculares, Carla demonstrou uma evolução de seu conhecimento sobre modelos em escala:

Um modelo em escala seria... *“Uma miniatura? Exatamente uma miniatura, ou não?” (Idéia inicial)*

ME1: Quando a gente pega bolinhas para representar uma determinada molécula, aquilo é em modelo em escala?

“Eu acho que não. Pelo o que eu entendi de modelo em escala, me parece que ele seria uma representação de aspecto físico mesmo, não é? Você quer mostrar aquilo que é mesmo, mantendo as proporções...” (ENC3)

Ao final deste encontro, ao responder o questionário 3, ela reconheceu, ainda, que é da natureza dos modelos possuir limitações:

“Fiquei pensando em como cada uma das analogias que costumo usar podem ter e têm muitas falhas. A discussão da utilização de modelos e analogias foi importante. Porque desperta a evidência de que uma analogia e/ou modelo pode ser usada, desde que seja razoável e que o professor tenha cuidados ao utilizá-la.” (Q3)

Nos quatro encontros seguintes, a professora participou ativamente das atividades propostas (relacionadas à vivência da modelagem) e prestou bastante atenção nas apresentações teóricas e práticas de alguns colegas do grupo sobre a proposta de desenvolvimento de estratégias de modelagem no ensino.

Do oitavo ao décimo encontro, a professora participou intensamente das discussões para elaboração da estratégia de modelagem dentro de seu subgrupo e contribuiu principalmente com sua experiência de sala de aula.

Nos dois encontros posteriores, cada subgrupo socializou sua proposta de ensino baseada na modelagem. Na apresentação de seu subgrupo, a professora não foi a porta-voz e, portanto, falou muito pouco.

Do décimo terceiro encontro em diante, quando foram discutidas as aplicações das estratégias nas salas de aula dos professores, a professora expôs e discutiu brevemente algumas dúvidas e questões que surgiram, geralmente sobre conteúdo químico. Nesse período ainda, ela participou ativamente, em seu subgrupo, da elaboração de um artigo científico sobre a estratégia planejada²⁸.

Após o décimo sexto encontro, Carla foi convidada para uma segunda entrevista, na qual expressou novas idéias sobre modelos e modelagem e, ainda, reforçou idéias anteriores sobre a natureza dos modelos e as entidades que podem ser modeladas:

²⁸ Como comentado anteriormente, este artigo que foi apresentado no XIII Encontro Nacional de Ensino de Química. A referência do mesmo não é apresentada para garantir a não identificação da professora.

“Um modelo não é o objeto que você modela, é uma expressão de um trabalho mental que você faz para explicar fatos ou coisas.” (ENT2)

Além de explicitar, na fala acima, a idéia de que um dos objetivos, ou das funções, dos modelos é explicar algo, Carla demonstrou entender que os modelos também servem como forma de expressão das idéias e conhecimentos quando afirmou que:

“Acho que todo conhecimento precisa de modelos. Mas como você não tem acesso à cabeça da pessoa, então ela tem que expressar de alguma maneira.” (ENT2)

Por isso, consideramos que ela assumia que idéias e pensamentos são entidades que podem ser expressas na forma de modelos.

A professora também expressou conhecimentos sobre o que é a modelagem, um de seus objetivos e como ela acontece:

“Modelagem é um processo... em que as pessoas vão construindo um conhecimento partindo de dados e vão tentando expressar uma maneira de explicar as coisas, um modelo.” (ENT2)

Após essa entrevista, ocorreram aplicações de estratégias por alguns participantes do grupo (professores e membros), simultaneamente às discussões sobre tais processos e resultados. Como Carla foi a última a aplicar uma das estratégias, seus resultados e experiências foram discutidos no último encontro (vigésimo quarto).

Na aplicação da estratégia em sua sala de aula, Carla expressou novamente sua compreensão sobre modelos, desta vez, na prática (em ação). Nos momentos em que era questionada pelos estudantes sobre se um dado modelo estava certo ou errado, ela solicitava aos mesmos que apresentassem seus argumentos sobre a coerência de seus modelos para o grupo e, em seguida, pedia aos demais componentes que discutissem se o modelo explicava, ou não, os aspectos levantados pela atividade. Nesse sentido, entendemos que esta foi outra maneira de a professora expressar sua

concepção sobre a possibilidade de existência de mais de um modelo para uma mesma entidade conforme o propósito do mesmo.

Ao socializar esses momentos da prática com o grupo colaborativo, Carla apresentou os modelos que foram construídos por seus estudantes, explicitando os argumentos que eles usaram para explicar suas representações na sala de aula. Em sua fala, foi possível perceber que ela considerou como válidos os diversos modelos que foram elaborados pelos estudantes, levando-se em consideração as devidas limitações e abrangências, o que corrobora as interpretações da prática. Carla também ressaltou a relevância da discussão entre os pares em busca de consenso na construção dos modelos e na compreensão dos alunos sobre a construção e evolução do conhecimento científico.

Seis meses após o encerramento das atividades do grupo colaborativo, a professora foi convidada a participar de uma terceira entrevista que exigiu da mesma reflexões sobre todo o processo, etapa por etapa. Nesse momento, foi possível identificar e confirmar mais alguns de seus conhecimentos sobre a natureza e o uso de modelos:

“Em primeiro lugar, uma coisa é você falar como ele deve conceber os modelos assim... uma coisa é você falar: ‘Olha, modelos não são a realidade, modelos são explicações...’, explicar para eles, e outra coisa é ele viver.” (ENT3)

Nessa última entrevista, foi possível, ainda, perceber um conhecimento mais explícito da professora sobre alguns passos a serem seguidos no desenvolvimento da modelagem:

“Ele participar de um processo e aí ele reelaborar, pensar, refazer e tal. Eu acho que a primeira coisa que ele aprende é o que é, de fato, um modelo.” (ENT3)

Identificação dos aspectos que evidenciam o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo da professora

Em termos do PCK, na primeira entrevista, Carla expressou compreensão sobre a existência de vários modelos para uma mesma entidade, dependendo do foco de análise, e que isso é importante de ser compreendido pelos estudantes:

“Só para ele entender o conceito de modelo e entender que ele pode usar qualquer um daqueles modelos dependendo do que ele queria explicar.” (ENT1)

No segundo encontro, ela demonstrou reconhecer que os estudantes têm dificuldades no ensino de química, mas relatou suas próprias dificuldades em identificar aspectos relacionados aos modelos (códigos de representação) nesse ensino que, para alguns deles, são mais difíceis de serem compreendidos:

“Alguns alunos não compreendem as representações, mas alguns sim.”

ME1: E o que você acha que eles compreendem ou não compreendem?

“Aí é o que eu acho mais difícil, você saber exatamente o que eles não compreendem, porque às vezes algumas coisas são tão óbvias pra gente e pra alguns deles; que a gente nem detecta o que eles não estão realmente compreendendo. Entende? Até essa linguagem química, que a gente usa e até ele usa, mas às vezes você está falando uma coisa e ele pensando outra.” (ENC2)

Ao final do terceiro encontro, ao responder o questionário 3, a professora demonstrou maior compreensão sobre importância de se discutir os modelos e suas limitações com os estudantes:

“Fiquei pensando em como cada uma das analogias que costumo usar podem ter, e têm, muitas falhas. A discussão da utilização de modelos e analogias foi importante. Porque desperta a evidência de que uma analogia e/ou modelo pode ser usada, desde que seja razoável e que o professor tenha cuidados ao utilizá-la.” (Q3)

No quarto encontro, após vivenciar a modelagem do Suflair®, Carla expressou sua concepção do que seria mais difícil para um estudante num processo de modelagem:

“Eu senti dificuldade em começar... e pensei que um aluno, ele deve sentir essa dificuldade. Se for uma coisa que você já pensou antes, a idéia talvez esteja mais madura quando você for pensar no modelo daquilo, não é? Mas se nunca tinha pensado nisso...” (ENC4)

Esse comentário sugere que a professora passou a visualizar dificuldades que os estudantes poderiam ter em um processo de modelagem a partir das dificuldades que ela mesma sentiu ao vivenciar tal processo.

Outras idéias associadas ao PCK da professora foram expressas na entrevista 2. Ao ser questionada sobre o processo que ela havia vivenciado de elaboração de uma estratégia de modelagem para o ensino de química, Carla reforçou sua dificuldade em reconhecer o que seus estudantes não entendiam, ou tinham mais dificuldade para entender, sobre modelos:

“O que eu achei mais difícil elaborar? Na verdade a Helem já trouxe as concepções alternativas da literatura, então isso não foi difícil. Eu já tinha pensado nisso. Agora, o que eu achei mais difícil nessa elaboração foi imaginar quais seriam as possíveis respostas dos alunos. O que poderia sair da cabeça deles e em cima das respostas o que a gente poderia trabalhar. Foi o mais difícil que eu achei.” (ENT2)

Entretanto, ela demonstrou acreditar na validade do processo para superar uma dificuldade de conteúdo dos estudantes, expressando, ainda, a importância de se trabalhar na perspectiva de modelos e modelagem para a aprendizagem do estudante, em geral e especificamente no ensino de química:

“Eu acho também que ela (a estratégia de modelagem) proporciona mais. Do estudante pensar por si mesmo, deduzir, comparar, coisa que ele não está acostumado a fazer. A gente fala tudo! Pensamento, pensamento crítico... um discernimento que ele vai ter das coisas, um raciocínio. O estudante desenvolve seu raciocínio... Se a gente conseguir fazer que esses alunos façam a diferença entre a interação entre moléculas e a ligação entre átomos, está muito bom, porque eles não entendem isso.” (ENT2)

Carla também reconheceu a relevância da modelagem para ajudar na compreensão das idéias próprias de cada estudante:

“Acho que todo conhecimento precisa de modelos, você não tem acesso à cabeça da pessoa, então ela tem que expressar de alguma maneira.” (ENT2)

Acreditamos que isso significa, também, que ela considerou relevante para o ensino (i) conhecer as idéias dos estudantes e (ii) que os modelos expressos por eles ajudam a identificá-las. Talvez por isso, ela apresentou novas idéias sobre o que acreditava que seria mais difícil para seus alunos no processo de modelagem:

“Essa é uma turma que começou com o material da Rede, que é bem diferente. Então, são alunos um pouco diferentes dos que eu tinha o ano passado. Agora eu acho que a dificuldade deles não vai ser exatamente no conteúdo (por ele ser abordado com maior profundidade e detalhes), mas em se envolver, em se adaptar a esse modo de trabalhar. Ele não vai poder ficar parado, ele vai ter que agir. Eu tenho uma expectativa boa. Eu acho que eles vão responder bem.” (ENT2)

Ela comentou, ainda, com relação ao acesso do professor a novos materiais instrucionais, sobre a importância da promoção de aprendizagem de novas estratégias de ensino:

“Para os professores é importante e para os alunos também! Eu acho que nos dois casos, tanto para o professor quanto para o aluno, se aprende muito! Tanto modelando quanto planejando uma estratégia de modelagem. A gente aprende muito...” (ENT2)

A professora também fez considerações sobre momentos adequados para a introdução dessa estratégia no ensino e sobre a necessidade de adaptações a determinados contextos:

Você acredita no uso da modelagem no ensino? Em que ela contribui para a aprendizagem dos alunos?

“Eu acredito! Agora, só acho muito difícil trabalhar o tempo todo assim. Toma tempo e tudo. Mas eu acredito sim. Acho que tem alguns assuntos que é quase essencial.” (ENT2)

Após essa entrevista, o PCK da professora foi investigado em sua dimensão procedimental, durante a aplicação da estratégia em sua sala de aula. Conforme observações da pesquisadora, dentre os conhecimentos demonstrados por Carla sobre a condução de atividades de modelagem, destacou-se a habilidade na discussão dos modelos dos estudantes. As evidências que sustentam tal afirmativa foram os fatos de ela ter discutido os modelos dos estudantes sem manifestar julgamentos e de ter

questionado os grupos no sentido de conduzi-los a pensar em certos aspectos, testando mentalmente seus modelos. O diálogo a seguir, entre a professora e alunos do grupo 2, exemplifica tais discussões:

Profa.: *“Por que vocês fizeram o CO₂?”*

A1G2²⁹: Porque a reação de combustão do grafite, que é representado pelo C vai dar CO₂.

Profa.: *Vocês queimaram o grafite?*

A1G2: Queimamos.

Profa.: *Queimaram ou aqueceram?*

A1G2: ?!Aquecemos!? Mas saiu uma fumacinha assim, quando a gente tava aquecendo o grafite.

Profa.: *Ah! Essa é a fumacinha que vocês viram?*

A1G2: Agora a gente tá fazendo do iodo... ele tem 7 elétrons na camada de valência e ele vai compartilhar um elétron com o oxigênio.

Profa.: *Com o oxigênio de novo?*

A1G2: Huhum.

Profa.: *Por quê?*

A1G2: Porque vai ser outra reação de combustão; a gente aqueceu o iodo ali e ele reagiu com o oxigênio.

Profa.: *Você aqueceu ou queimou?*

A1G2: Queimou!?

Profa.: *Queimou?*

A1G2: Queimou ou aqueceu? Eu não sei a diferença.

Profa.: *Queimar é colocar fogo.*

A1G2: Não! A gente aqueceu.

Profa.: *Então pensa se vai ter oxigênio nessa história. Você não queimou.”* (A2)

Outros conhecimentos que foram evidenciados durante a aplicação da estratégia de ensino relacionaram-se às habilidades de promover discussões entre os pares, lidar com os modelos expressos dos alunos buscando compreender as representações propostas por eles, além de conduzir a construção de um modelo

²⁹ Os alunos são identificados por códigos do tipo AxGy, onde x é o número de ordem do aluno no grupo e y o número do grupo na turma.

consensual com a participação dos estudantes. Um dos recursos usados pela professora foi questionar os modelos expressos e repetir as falas dos estudantes conforme demonstra o diálogo abaixo, entre a mesma e alunos do grupo 1:

Profa.: *“Esse seria o antes... ? (referindo-se ao modelo elaborado pelos alunos)*

A1G1: Sim!

Profa.: *Tá! Posso perguntar uma coisa? O que significa esse pauzinho, só pra eu saber? (refere-se ao palito utilizado para juntar duas bolinhas no modelo proposto pelos alunos)*

G1: Tá aumentando a distância entre os átomos!

Profa.: *Está aumentando a distância entre os átomos? Tá! Outra pergunta: esse é o iodo (...) cada bolinha é o quê?*

G1: Um átomo!

Profa.: *Um átomo? Então são dois átomos de iodo? I_2 ?*

A1G1: É!

Profa.: *Tá! Aqui também é o I_2 ? (referindo-se à representação proposta para o iodo no estado gasoso)*

G1: E aqui é I_2 só que tá distanciando.

Profa.: *E aqui também é I_2 só que está distanciando? Tá! Outra pergunta: por que essas bolinhas são coloridas (as do estado final) e as outras não?*

A1G1: Porque não deu pra colorir.

Profa.: *Ah! Então tá! Então pode colorir”. (A2)*

Uma fala de Carla no último encontro (quando socializou sua aplicação no grupo colaborativo) corrobora essas observações da pesquisadora:

“É engraçado quando você fala: Ah! Tem muita experiência e tudo, você não tem medo de sala de aula mais e tal..., mas uma coisa desse tipo que você vai aplicar sem poder falar o que é mesmo para o aluno, que você sabe que se você falar uma palavra você entrega tudo... Você tem que ter muito mais cuidado, você não pode entregar o ouro. Então eu fiquei muito tensa³⁰.” (ENC24)

³⁰ Tal aspecto não foi observado em momento algum nas filmagens, exceto na última aula, quando a professora estava muito preocupada com o tempo não ser suficiente para as discussões.

Acreditamos que, ao afirmar isto, ela demonstrou entender que, no ensino por modelagem, espera-se que o professor não dê respostas prontas ao estudante, mas que favoreça oportunidades para que ele desenvolva seus próprios conhecimentos.

Na sequência desse encontro, Carla também apresentou idéias sobre o momento adequado para a introdução da proposta no ensino:

“Eu fiquei com muito medo de não dar tempo e deixar as coisas no ar. Então a primeira coisa que eu sugiro é nunca deixar para o final do ano. Nunca!” (ENC24)

Nessa fala, a professora desabafou sobre o sufoco que passou ao ter que trabalhar com os estudantes em um tempo limitado (nas últimas quatro aulas do ano letivo), o que muitas vezes não permite acompanhar o tempo de aprendizagem dos estudantes, ou mesmo contemplar integralmente a estratégia.

Na terceira entrevista, ela comentou vários aspectos sobre seu PCK relativo a modelos e modelagem. Muitas vezes, isto aconteceu a partir de reflexões e análises do processo vivenciado. Sendo assim, Carla expressou novas idéias sobre a aprendizagem dos alunos a partir da modelagem:

“Em primeiro lugar, uma coisa é você falar como ele deve conceber os modelos assim... uma coisa é você falar: ‘Olha, modelos não são a realidade, modelos são explicações...’, explicar para eles, e outra coisa é ele viver. Ele participar de um processo e aí ele reelaborar, pensar, refazer e tal. Eu acho que a primeira coisa que ele aprende é o que é, de fato, um modelo. E ele aprende conteúdo mais do que se ele estivesse só ouvindo. Sabe o que acontece, o cérebro das pessoas só funciona para o que elas se interessam. Aí, claro que têm uns que não fazem nada, têm uns que ficam só olhando ou nem olhando, mas quem se envolve, aprende, porque se envolve, só por isso! Eles aprendem, é diferente. Então eu acho que são as duas coisas, principalmente o que é um modelo.” (ENT3)

Ela comentou também sobre o momento adequado para se trabalhar atividades de modelagem no ensino em função dos pré-requisitos necessários para que o estudante consiga desenvolver a estratégia:

Os estudantes tiveram dificuldades com a profundidade da abordagem do conteúdo?

“Não, não achei. Foi mais tranquilo do que se não tivesse usado a estratégia. Outra coisa que você falou que eu achei interessante de energia, eu acho que eles não tiveram esse problema porque o currículo lá é diferente. Ligação foi visto no 2º ano e termoquímica é no 1º. Eles já tinham estudado. O currículo favoreceu muito. Não sei se fosse um aluno de 1º ano regular, normal, o mais comum, se isso teria sido mais difícil não.” (ENT3)

Por isso, reforçou a relevância de ter acesso às concepções dos estudantes:

Você acha importante conhecer a visão do aluno para ensinar?

“É o mais importante! Prá você saber se está sendo entendida.” (ENT3)

Em outras palavras, a professora reconheceu que os modelos expressos por eles favorecem a compreensão de suas idéias e dúvidas e que a modelagem, ao considerar essas concepções, favorece a aprendizagem. Assim, ela passou a compreender certas concepções dos alunos sobre modelos e acreditar na existência delas pela confirmação na prática:

“Eu estou lembrando outra coisa, por exemplo, a cor dos átomos, deles terem feito – teve mais de um grupo nas duas turmas – deles fazerem os átomos de grafite cinza, os átomos do iodo que eles achavam que antes de aquecer eram de uma cor escura e depois roxa, mudaram de cor... então assim, foi uma coisa que, tudo bem, está escrito, já se sabe que eles têm essa visão, mas eu vi acontecer. Ninguém me contou! Eu vi! Eu perguntei, não deu tempo de discutir, mas eles falaram que pensavam que o átomo era daquela cor.” (ENT3)

Ainda sobre a questão do entendimento dos estudantes, Carla expressou concepções sobre os aspectos que foram mais fáceis ou mais difíceis para seus estudantes no processo de modelagem:

“Eu acho, mas aí isso é o que eu acho, teria que perguntar para eles, mas o que eu acho que foi mais difícil para eles, foi arrancar, começar o primeiro modelo. Sabe aquela primeira atividade? Primeira coisa, fazer uma previsão do que ia acontecer? Isso eu acho que foi mais difícil para eles. Segunda coisa, na hora que você fala: Agora que você já viu, faz aí um modelo e tal,... eu acho que para eles deve ter sido muito difícil. Eu acho que eles entendiam bem o que era um modelo porque o livro que a gente trabalhava era muito interessante nesse sentido. O mais difícil que eu acho que foi é assim: Tá aqui! Faz! Do nada..., você começar do nada. Porque depois, você ter um modelo e poder/ter que reformular... tudo bem que é difícil, que você tem que pensar em vários aspectos e tudo, mas começar, eu acho que a arrancada para eles deve ter sido o mais difícil.” (ENT3)

No que se refere à condução de atividades de modelagem no ensino, ela relatou ter feito adaptações para seu contexto geral de ensino:

“Uma coisa que aconteceu depois dessa prática toda, e que eu tenho feito mais com os meus alunos, mais do que eu fazia antes, por exemplo, além de perguntar assim: ‘Tem alguma dúvida?’ Eu sempre pergunto: ‘Oh fulano, então explica pra mim!’ Porque eu acho que agora eu tenho mais cuidado em ver se entenderam mesmo. Você perguntar se existe alguma dúvida, não significa nada não. Às vezes eles têm e não se manifestam, às vezes eles têm e não sabem que têm, então é melhor pedir para explicar. É claro que você não vai fazer isso com todos, mas quem sabe um colega... quantas vezes na sala um aluno fala ‘professora eu não entendi’; você vai explica de novo e o menino não entende. Ai um colega explica e ele entende. Quantas vezes?”

O que você aprendeu e em que modificou sua prática?

“Primeiro eu vou falar especificamente desse conteúdo que eu apliquei. Eu vou aproveitar muita coisa, inclusive aquela prática do iodo e do amido. Claro que não vai ser o processo todo, mas eu vou usar, vai ajudar muito, vai enriquecer muito. Agora, de maneira geral, o que eu vou usar, na medida do possível, é não dar respostas. Porque a gente é pressionada pelos alunos. Vou continuar fazendo isso, na medida do possível.”
(ENT3)

Assim, a partir da experiência vivida, Carla identificou pontos relevantes para sua atuação no ensino e para a aprendizagem dos estudantes associados ao processo de modelagem ao compreender que a aprendizagem deles é favorecida quando se conhece suas dúvidas e que, na prática de modelagem, a troca entre os pares favoreceu a superação dessas dificuldades. Tais argumentos justificaram a extrapolação desses conhecimentos para outros momentos de sua prática. Segundo ela, essas mudanças já estavam sendo colocadas em prática na escola em que começou a trabalhar no ano em que essa entrevista foi realizada.

Reflexões da professora ao longo e sobre o processo vivenciado e sobre ela mesma como professora

Essa seção descreve (i) algumas expectativas da professora Carla para os encontros e suas posteriores avaliações sobre os mesmos; (ii) reflexões e opiniões dela sobre a colaboração e a pesquisa-ação vivenciada e (iii) reflexões da professora sobre si mesma como professora. O primeiro item tem a intenção de enfatizar como a opinião

da professora (juntamente com as dos demais participantes) influenciou nas propostas de abordagem para cada encontro e como isso foi importante no processo de instrução da mesma. O segundo item contempla dados que são utilizados como referência para as conclusões sobre a importância de cada etapa no processo de formação e desenvolvimento dos conhecimentos da professora. E finalmente, o terceiro item descreve a possível ocorrência da pesquisa-ação em sua dimensão existencial (Feldman, 2002), a qual consideramos relevante para promover mudanças efetivas na prática do professor.

Após o primeiro encontro Carla considerou que foi importante no mesmo:

“Ter discutido as dificuldades que se encontra hoje o ensino de química. Na discussão as pessoas trouxeram à tona problemas que, acredito, são comuns a todos os professores. Foi importante porque, basicamente, se queremos trabalhar formas novas de ensinar química, é fundamental conhecer as dificuldades que são inerentes a esse ensino.” (Q1)

E relatou ter como expectativas:

“...desejo conhecer mais, aprender formas de trabalhar que tragam melhorias para minha vida profissional, para meus alunos. Gostaria de saber mais sobre o papel do professor como mediador no ensino (ou melhor, na aprendizagem) é um papel muito interessante, ouvir o aluno, discutir com ele, levá-lo à construção de um conhecimento é fascinante. Por isso acho que é uma discussão muito relevante que poderíamos aprofundar ao longo do projeto.” (Q1)

Com relação ao segundo encontro, a professora avaliou a atividade desenvolvida:

“A ‘pesquisa’ que foi feita entre os professores sobre o que eles consideram modelos e a discussão que se seguiu foi o mais importante. Justamente pelo fato de suscitar tantas dúvidas, e de levar a discussões que imaginei e que nunca tinha pensado antes. Também porque seria impossível trabalharmos modelos sem haver essa discussão.” (Q2)

Nesse segundo questionário, Carla declarou ter uma grande curiosidade em saber como seriam os trabalhos desenvolvidos no grupo por ela e pelos demais professores futuramente.

No questionário 3, ela julgou que os aspectos mais relevantes foram:

“A discussão da utilização de modelos e analogias. Foi importante porque desperta a evidência de que uma analogia e/ou modelo pode ser usada, desde que seja razoável e que o professor tenha cuidados ao utilizá-la.” (Q3)

E comentou sobre uma reflexão desencadeada pela instrução vivenciada:

“Fiquei pensando em como cada uma das analogias que costumo usar podem ter (e têm) muitas falhas.” (Q3)

Ao final desse terceiro encontro, sua expectativa era saber distinguir quando uma analogia é adequada ou razoável.

Com relação ao quarto encontro, Carla escreveu, na atividade escrita sobre a modelagem do Suflair®:

Sobre as dificuldades:

“O fato de nunca ter pensado nisso. Fazia falta ver o objeto (o chocolate). O fato de não dominar a técnica de fabricação de chocolate também pesou.”

Sobre as discussões dos modelos com os colegas:

“Foram importantes as discussões, pois foi justamente a partir delas que pudemos aperfeiçoar os modelos (que no final das contas também não é definitivo, e que merece ser aperfeiçoado). (ENC4)

Após participar desse processo de modelagem, Carla concluiu, na atividade, ter aprendido que:

“Os modelos, uma vez discutidos por todos, abrem oportunidades para que as pessoas troquem idéias e eventualmente modifiquem seus próprios modelos. Somente ao tentar elaborar um modelo é que se percebem as dificuldades que são inerentes a essa elaboração. Assim, percebe-se melhor as limitações de um modelo. Ao elaborar um modelo (em vez de recebê-lo pronto) aprende-se melhor.” (ENC4)

Ainda sobre esse encontro, ela demonstrou sua opinião em um outro momento:

O que você achou da atividade do Suflair?

“Muito importante! Uma das coisas que fica assim, muito evidente se você perceber na primeira entrevista era o meu desânimo como professora. Então, assim, prá mim, pessoalmente, foi muito importante prá mim nesse sentido... me deu uma injeção de ânimo, entendeu? Eu tava completamente desenganada, desiludida. Só não largava porque eu não sabia o que eu faria... Se eu não der aula o que eu vou fazer? Nada! E essa atividade já me serviu como motivação! Hoje em dia eu não faço nada que eu não quero, sabe? Nada! Então, por exemplo, quando eu vim pro grupo, falei: claro que eu quero e tal..., mas se não tivesse me agradando, eu não tava aqui mais nunca! Então assim, é uma coisa que tem me animado muito. Eu acho que é uma coisa que devia acontecer sistematicamente sempre! Em todos os cursos de licenciatura. Porque a gente nota nos professores é que falta isso, a gente não tem essa motivação. Participar, eu percebo que vale a pena!”

E ela contribuiu para você entender melhor ou que seria modelagem?

“Contribuiu! Eu acho assim, eu já entendia, mas que contribuiu, contribuiu! É uma atividade que dá vontade de você aplicar com os alunos prá você ver a compreensão deles, pois ela elucida muito.” (ENT2)

Em termos do quinto encontro, Carla considerou como mais importante:

“Conhecer a preparação que é necessária (mais ainda do que eu pensava) para que o professor aplique, ou melhor, construa métodos alternativos de aprendizagem. Uma vez que o objetivo do projeto é trabalharmos modelos é fundamental que possamos conhecer as dificuldades ou implicações que esse trabalho trás.” (Q5)

Sobre o que ela gostaria de saber mais, Carla comentou:

“Curiosidade em conhecer como se faz um projeto de ensino através de modelos. Exatamente a aplicação do método que foi usado para a construção das aulas. Mas isso eu já sei que vamos aprender.” (Q5)

E ao final do sexto encontro, ela respondeu seu último questionário destacando como aspecto mais importante daquele workshop:

“Conhecer as experiências das aulas, tanto sobre equilíbrio como sobre ligação iônica. Porque é interessante para mim, professora, conhecer experiências de colegas, e porque é uma maneira concreta de aplicação da modelagem no ensino.” (Q6)

Sobre suas expectativas, ela declarou que gostaria de saber mais sobre:

“O tempo que se leva nas atividades, o que foi, inclusive, citado na reunião. Os passos para se criar um estratégia desse tipo, a compreensão do diagrama que foi usado pelas colegas na elaboração das atividades.” (Q6)

Como apresentado na metodologia, após os workshops a professora começou a desenvolver uma pesquisa-ação sobre sua prática. Considerando a primeira etapa desse processo, que foi a elaboração da estratégia de ensino, Carla destacou que:

“Foi importante trabalhar em grupo e, principalmente, foi importante trabalhar com a Helen, porque ela conhecendo o Modelo de Modelagem, ela dirigiu a coisa. Tanto é que para mim a coisa era muito mais intuitiva do que sistematizada, então, isso foi importante pra mim. Sozinha eu não teria pensado em tudo isso!”

Como sua experiência ajudou na elaboração?

“Bom, eu acho que por mais que tenha sido difícil eu imaginar quais seriam as possíveis respostas desses alunos, pra mim foi muito mais fácil do que se eu não tivesse essa experiência. Não que eu saiba tudo, nem pensar, mas é diferente se eu já tenho tantos anos de sala de aula e eu já tenho uma noção do que pode dar certo.” (ENT2)

Em relação a um segundo momento, no qual foi elaborado um artigo científico pela professora e seu grupo, baseado na estratégia de ensino desenvolvida, Carla comentou:

“Foi totalmente uma novidade! Eu achei muito chique! Ele foi baseado na estratégia. Eu vi que não é fácil escrever artigo. É muito difícil, tem uma série de normas e tal que eu não domino; que eu aprendi. Achei uma experiência excelente! Deu vontade de escrever mais. Eu achei legal.”

Qual é a sua sensação vendo um planejamento de aula tendo o mesmo status de produção científica, sendo que no cotidiano o segundo é tido como mais valioso que o primeiro?

“Exatamente! Eu acho que eu fiquei pensando que tem muito profissional, muito professor aí fazendo muita coisa interessante que poderia virar artigos interessantíssimos e por vários motivos isso não acontece. Talvez ele tá afastado daqui! (Ou não valoriza sua prática...) Mas a gente tem uma auto-estima baixíssima! Ou não tem tempo. Eu vi que esse glamour que a gente idealiza é uma coisa muito simples, que você relata e tudo... e a gente acha chique, uma coisa inalcançável, né? E não é. Inclusive, pra mim, não só o artigo, pra minha auto-estima enquanto profissional tem sido muito importante. Eu tava me sentindo uma péssima profissional, e tem dia que eu me sinto ainda.” (ENT2)

Ao relatar sobre a aplicação da estratégia em sua sala de aula, a professora considerou que foram aspectos relevantes para o seu desempenho:

“Foi muito bom, pra mim, ter filmado e ter assistido, uma aula do professor 1 (P1), e ter assistido algumas cenas da aplicação da Helen. Minha experiência, é claro! Porque

afinal de contas, jogo de cintura você adquire com o tempo. O bom relacionamento com os alunos, porque senão você não consegue nada deles. Ter participado da formulação da estratégia, eu acho que foi extremamente relevante.” (ENT3)

“Eu achei ótimo eles (Helem e P1) já terem feito, que assim eu posso modificar algumas coisas; tipo aquela história do iodo, da cor, da batata e do pão. Porque a gente já fica insegura pra fazer esse tipo de trabalho novo, que é diferente, é totalmente diferente do que a gente faz. E, por exemplo, se você é o primeiro você pensa ‘e se der tudo errado, se na hora não funcionar, se ao invés de dar certo, piorar?’ A gente sempre pensa nisso, e agora eu sei que isso não vai acontecer. Eu estou mais segura!” (ENT3)

O que favoreceu sua boa condução da estratégia/ o que você aprendeu a que se deve essa aprendizagem?

“Eu achei que lá no grupo foi o mais importante, por um motivo, ter levantado as possibilidades de coisas que poderiam aparecer na aula que foi mais ou menos o que apareceu; tudo que surgiu foi dentro do que a gente imaginou. Ter me inteirado disso antes foi importante; essa foi a importância do grupo.” (ENT3)

Além disso, Carla evidenciou alguns benefícios dessa prática:

“Eu acho que eu... não sei se eu teria mais facilidade de elaborar outra não. Eu acho a elaboração de estratégia muito difícil. (...) Para aplicar outra com muita certeza. Porque, o que eu acho que foi importante pra mim, foi romper esse medo. No primeiro dia tava um calor! Mas eu suava, eu suava de nervoso, de dar alguma coisa errada. E eu nem sei explicar o que... Porque aula prática a gente sempre fez, até mais complicadas do que essas. Mas agora, a segunda vez que eu fui fazer eu não vou ficar apavorada desse jeito. Sabe o que é que eu tinha medo? De eu não falar e deles não chegarem nunca. Eu vi que..., já tinha me tranquilizado, um pouco, o fato dos alunos do P1 e da Helem terem concluído bem. Eles se saíram bem. Mas eu pensava mesmo, e se os meus não conseguirem? Como é que vai ser? Eu vou ter que falar? Sabe como...? Tinha outra hora que eu pensava, mas não é possível né? O negócio tá tão... (faz um gesto com as mãos referindo-se a ‘passo a passo’). Eu achei que deu muito certo!” (ENC24)

Ao ser questionada sobre as influências de ter vivenciado esse processo em colaboração com outros professores e especialistas, Carla ressaltou vários pontos. Alguns podem ser percebidos em falas anteriores como o auxílio de um especialista na elaboração da estratégia, a troca de experiências e conhecimentos com outros colegas etc. Outro aspecto, de caráter mais pessoal, pode ser exemplificado pelo trecho a seguir:

“Sabe o que eu acho que fez muita diferença, que vocês todos lá no grupo são jovens e muito animados com o que fazem. A própria Rosária, ela não está em sala de aula, mas está assim por trás de tudo, e ela é muito engajada e animada também. Então eu acho que isso é uma coisa que contagia. Igual o desânimo contagia, a animação contagia. No começo eu ficava até assim, como é que essas pessoas estão tão animadas com o que fazem e eu tão desanimada? Afinal, sala de aula é sala de aula, não é fácil pra mim nem pra você. Isso me motivou a continuar no grupo, porque se eu não gostasse, eu não era obrigada a continuar ali.” (ENT3)

Nesse momento de reflexão, a professora concluiu sobre a contribuição do processo de formação como um todo para sua prática docente, como demonstram as duas falas abaixo:

“Eu vou falar de maneira pessoal, não profissional assim... Na verdade eu tava num desânimo horroroso, vontade de sumir! Então, me motivou muito a pensar coisas novas e tudo, de maneira que no aspecto pessoal foi importantíssimo para mim. Hoje, eu estou cansadíssima, nunca fiz tanta coisa ao mesmo tempo. Se eu não tivesse entrado no grupo eu não estaria no Mestrado³¹... Tô cansada, mas tô feliz! Porque eu acho o seguinte: foi a carreira que eu escolhi, e ainda continuo achando que por vocação, não por falta de opção, e eu me achava muito infeliz e desanimada. Foi bom porque me deu um gás para ir até o final, pois eu estou mais perto de aposentar do que todos vocês, então é bom que, se for uma reta final na minha carreira, que seja mais feliz.” (ENT3)

“Eu acho que o grupo foi muito importante pra minha atualização. Eu acho que dá pra você, no caso de quem não está mais lá (na UFMG), você pode buscar por si mesmo, não precisa do grupo, mas o grupo ajuda muito. Se você for pensar, hoje existe muita coisa por aí que dá grandes idéias, mas o grupo ajuda muito. Eu tinha muita preguiça de ler sobre o ensino, mas sobre o ensino de química eu sempre olhei. Tem muita prática que eu fiz da Química Nova na Escola, mas como eu estava desmotivada, não era isso que me motivava... às vezes eu lia e ficava por isso mesmo. Contar com as outras pessoas continua sendo o mais importante... trocar idéias eu sempre troquei, mas vocês eram muito animados.” (ENT3)

À título de conclusão desse estudo de caso, selecionamos uma seqüência de falas e trechos que tem por objetivo explicitar algo que perpassou as entrelinhas de várias declarações da professora apresentadas até aqui: sua auto-reflexão sobre sua prática e sua identidade, seu papel enquanto professora.

³¹ A professora ingressou no Mestrado em Educação após – e motivada por – sua participação no grupo colaborativo.

“Eu sei que o jeito que a gente dá aula é árido, não é prazeroso.” (ENT1)

“Eu fico muito ansiosa para cumprir o programa. Depois de um certo tempo você começa a se sentir incompetente. Não leva mais nada de novo, não consegue motivar os alunos. Está difícil demais. Você sabe que é difícil.” (ENT1)

“... porque sinto que na maioria dos dias eu não consigo motivar meus alunos. Tenho me sentido incompetente nesse sentido.” (ENT1)

“Eu já tive altos e baixos a ponto de querer desistir. Sei que tenho uma parcela de culpa por ter me acomodado. Estou a quinze anos no mesmo lugar.” (ENT1)

“A gente não tem tempo. Agora que dou aula apenas quarta e sexta, estou mais motivada, tenho tempo para planejar aulas, coisas diferentes.” (ENT1)

“No grupo eu espero me motivar, talvez a motivação dos meus alunos seja o reflexo da minha. Espero aprender.” (ENT1)

“A gente sabe que hoje em dia não é fácil dar aula. Em todos os sentidos: os alunos são diferentes, são mais difíceis, mais exigentes, mas também, por outro lado, são menos receptivos.” (ENT2)

“Acredito que a modelagem possa contribuir principalmente pela motivação dos alunos, pelo envolvimento...” (ENT2)

“Vai ser diferente. A gente sempre dá a resposta e um dia não dá mais?!...” (ENC20)

“Eu trabalhava induzindo muito. A gente induz o tempo todo. Você quer que o menino chegue a uma conclusão, você vai carregando até ele chegar. Isso eu ainda faço muito.” (ENT3)

“Na aplicação eu acho que fiz coisas legais e outras não tão boas. Eu percebi que eu me contive muito em alguns momentos que se fosse em outra ocasião eu teria terminado dando a resposta, eu percebi que eu tive esse autocontrole. Eu achei muito válido porque senão não teria feito sentido nada daquilo que a gente tinha preparado se no fim das contas eu falasse: ‘não filho, é isso...’ Então eu me contive muito para não direcionar mais do que eu direcionei, eu fui bem nisso; não sei, posso estar enganada, pela pouca prática de trabalhar assim eu acho que eu fui bem. Teve outra coisa, no último dia... ali eu estava nervosíssima, o tempo passava, uma pressão enorme, e se você olhasse assim pra mim diria: ‘nossa, mas que mulher calma’. Nisso eu achei que eu fui bem demais. Eu achei que eu não fui bem, achei difícil demais, foi ouvir as discussões, porque ali tem momentos que você tem que ler os lábios das pessoas. Achei que eu fui melhor do que eu esperava.” (ENT3)

“O que mais me chamou atenção e que teve um grupo que pensou em gás carbônico, modelaram... eles acharam que aquecendo o grafite saía gás carbônico... Eu pensei: ‘puxa vida, o que eu faço agora?’. Na hora eu fiquei tentando fazer uma cara natural e perguntei: ‘Por que vocês pensaram em gás carbônico?’ E eles responderam: ‘Ah! Porque a gente queimou o grafite.’ Ai na hora que eu assisti à fita (o dvd da aula) eu achei que eu ia falar assim: ‘Vocês não queimaram, vocês aqueceram’. Mas eu falei: ‘Vocês queimaram o grafite? Queimaram ou aqueceram?’ Ai eu fiz um teatrinho. Aí a menina falou: ‘A gente aqueceu...’ Depois eu voltei lá e eles não estavam mais pensando em gás carbônico. Achei que nisso eu fui muito bem.” (ENT3)

“Agora eu vou te falar, funciona! Modelagem eu sei que funciona, mas o tempo não permite fazer tudo desse jeito. Mas eu vou aproveitar muita coisa. Sem dúvida é melhor adaptar do que não fazer, mas ainda é tradicional. Eu acho que sim, que é um tradicional mais moderno, mas tradicional. Tradicional é o professor que tá dando a aula e o aluno pensa um pouco, mas a gente guia muito, a gente induz muito. Você põe o aluno pra pensar? Põe! Ele chega a algumas conclusões? Chega! É melhor do que você simplesmente chegar e falar tudo pronto? É melhor! Mas é o ideal? Ele construiu tudo? Não! Mas eu to fazendo isso por causa da minha realidade!” (ENT3)

Nessa seqüência, inicialmente a professora declara e, ao mesmo tempo, reflete sobre suas dificuldades e limitações enquanto professora e seu desânimo e desencanto profissional e pessoal, bem como explicita suas buscas e perspectivas no projeto de formação. Após um maior envolvimento com o grupo e, refletindo sobre o processo vivenciado, ela demonstra mais otimismo e motivação. Ao comentar sobre seu desempenho, Carla faz uma análise crítica e consciente de sua atuação, enfatizando ter ficado satisfeita com os resultados.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS DA PROFESSORA CARLA

Após o relato do estudo de caso da primeira professora, apresentamos, a seguir, quadros (de 1 a 9) que relacionam, para cada conhecimento básico de interesse deste trabalho (conhecimento de conteúdo e PCK, dividido em seus cinco domínios), quatro aspectos importantes para discussão dos dados:

- a etapa do processo em que a professora explicitou algumas idéias/conhecimentos/habilidades: essa etapa refere-se ao Diagrama do Processo de Formação de Professores de Química (figura 6). A etapa

(destacada em **negrito**) é descrita brevemente pelos processos (instrução, colaboração e pesquisa-ação) que a compõem sendo que, quando um deles é considerado mais relevante, o mesmo aparece destacado por um grifo;

- o tipo de explicitação em termos da forma de conhecimento (declarativo, procedimental ou condicional) e do processo reflexivo associado (quando este foi identificado). A identificação desses aspectos permite observar se o desenvolvimento do conhecimento da professora ocorreu em todas as dimensões, o que demonstraria o desenvolvimento do conhecimento conceitual da mesma, e quais processos reflexivos foram relevantes nessas transformações. Quando um processo reflexivo foi identificado, ele foi apresentado antes da forma de expressão;
- a categoria à qual pertencem as idéias/conhecimentos/habilidades que foram explicitados, de acordo com as categorias apresentadas no capítulo de metodologia. Para o quadro 9, a categoria foi associada às formas de orientações para o ensino de ciências, apresentadas no Anexo I. Como a prevalência de uma ou mais orientações é algo dinâmico, alguns esclarecimentos julgados pertinentes também são apresentados nessa coluna no quadro 9;
- as evidências da existência dessas idéias/conhecimentos/habilidades: dados associados ao estudo de caso descrito.

Dentre os aspectos abordados nos quadros de análise, consideramos relevante explicitar um pouco mais como a coluna ‘tipo’ foi elaborada. Dessa forma, apresentamos abaixo como cada uma das características foi definida:

- Conhecimento Declarativo: quando a professora expressou saber **o que é** algo. Por exemplo: o que são modelos, quais são os usos mais frequentes de modelos, o que é modelagem, o que é importante saber para usar modelos e modelagem no ensino, o que é relevante que o aluno aprenda etc.

- Conhecimento Procedimental: quando a professora expressou saber **como fazer** algo. Por exemplo: como usar modelos no ensino, como favorecer a modelagem e a aprendizagem dos alunos através dessa metodologia, como elaborar uma estratégia de modelagem etc.
- Conhecimento Condicional: quando a professora expressou saber **quando, para que e por que fazer** algo. Por exemplo: para que e quando usar modelos na ciência ou no ensino, quando e para que questionar os alunos, quando e por que permitir que os alunos busquem respostas por eles mesmos, quando adaptar uma estratégia de ensino e por quê etc.
- Reflexão na Instrução: quando a professora explicitou conhecimentos em encontros do grupo colaborativo demonstrando estar refletindo sobre algo que foi discutido (ou estava em discussão) nesse processo de instrução (essa ‘instrução’ refere-se à formação da professora e não à sua prática de sala de aula, como uma das ‘etapas do processo’).
- Reflexão sobre a Instrução: quando a professora explicitou conhecimentos associados à sua reflexão sobre o que foi vivenciado por ela dentro do grupo.
- Reflexão para a Ação: reflexões, buscas, tomadas de decisões associadas à elaboração da estratégia de modelagem para o ensino de um conteúdo químico.
- Reflexão na Ação: reflexões associadas às ações conscientes da professora em sua sala de aula quando aplicava a estratégia que havia desenvolvido.
- Reflexão sobre a Ação: reflexões baseadas em sua experiência e seus resultados aplicação da estratégia de ensino de modelagem.

Os quadros 3 e 4 são apresentados a seguir.

<u>Idéias sobre modelos</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Compreensão (antes do início)	Conhecimento declarativo	1.1) Natureza	✓ Vários modelos para um mesmo alvo.
		1.3) Uso	✓ Usa-se modelos para explicar algo.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC 2)	Reflexão na Instrução Conhecimento declarativo	1.1) Natureza	✓ Fruto de um trabalho mental. ✓ Uma representação que explica. ✓ Pode expressar uma relação (proporção).
		1.2) Entidade	✓ Algo abstrato (aquilo que não se vê).
		1.3) Uso	✓ Tem a função de explicar algo.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC 3)	Reflexão na Instrução Conhecimento declarativo	1.1) Natureza	✓ Modelo em escala: exatamente uma miniatura... (depois da discussão): mostrar o que é mantendo as proporções.
Reflexão (Após ENC 3)	Reflexão sobre a Instrução Conhecimentos declarativo e procedimental	1.1) Natureza	✓ Modelos possuem limitações.
		1.3) Uso	✓ Modelos e analogias devem ser usados com cuidado, considerando limitações e abrangências.

Quadro 3: Síntese dos dados sobre o Conhecimento de Conteúdo da Professora Carla sobre modelos.

<u>Idéias sobre modelos</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Reflexão sobre a Instrução Conhecimento declarativo	1.1) Natureza	✓ Modelo não é o objeto modelado. ✓ Modelo é expressão de um trabalho mental.
		1.2) Entidade	✓ Objetos e idéias podem ser modelados.
		1.3) Uso	✓ Explicar fatos ou coisas. ✓ Expressar/comunicar idéias a outros.
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos declarativo e condicional	1.1) Natureza	✓ Considerou como válidos os diferentes modelos de seus estudantes. ✓ Ressaltou junto a eles as limitações e abrangências
		1.2) Entidade	✓ Modelou entidades abstratas e processo (mudança de estado).
		1.3) Uso	✓ Usou os modelos na prática para explicar a diferença entre ligações intra e intermoleculares.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimento declarativo	1.1) Natureza	✓ Modelos não são a realidade. ✓ Eles são representações que explicam algo.

Quadro 3: Síntese dos dados sobre o Conhecimento de Conteúdo da Professora Carla sobre modelos (continuação).

<u>Idéias sobre processo de modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Compreensão (antes do início)	Conhecimento Procedimental	2.2) Passos a serem seguidos	✓ Desenhar um objeto, discutir se é um modelo e o que é um modelo, desenhar uma entidade abstrata.
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Reflexão sobre a Instrução Conhecimento declarativo	2.1) Objetivos	✓ Tentar expressar uma maneira de explicar as coisas. ✓ Construção de conhecimento.
		2.2) Passos a serem seguidos	✓ Construção de conhecimento a partir de dados.
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimento procedimental	2.2) Passos a serem seguidos	✓ A professora deu oportunidades para seus alunos construírem, discutirem, testarem e reformularem seus modelos.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática	Reflexão sobre a Ação Conhecimento condicional	2.1) Objetivos	✓ Aprender sobre modelos, principalmente o que é um modelo.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimento declarativo	2.2) Passos a serem seguidos	✓ Processo de reelaborar, pensar, refazer modelos.

Quadro 4: Síntese dos dados sobre o Conhecimento de Conteúdo da Professora Carla sobre modelagem.

Iniciando a análise do conhecimento de conteúdo da professora Carla, a partir da leitura do quadro 3, podemos perceber que as *idéias da professora sobre modelos*, nos três aspectos (categorias apresentadas), foram progressivamente aprofundadas no decorrer do processo. A instrução e a colaboração favoreceram essa evolução na medida em que foram apresentadas e discutidas as características e aplicações dos modelos no ensino de química. O processo promoveu uma intensa e permanente reflexão da professora sobre o mesmo. A pesquisa-ação permitiu que a professora explicitasse na prática (conhecimento procedimental) esse conhecimento, demonstrando que ele estava sendo consolidado.

Sobre o conhecimento de conteúdo da professora em relação ao *processo de modelagem*, quadro 4, podemos notar que, inicialmente, ela tinha uma concepção simplificada do mesmo e que, mais do que as discussões no grupo, a pesquisa-ação foi decisiva para sua melhor compreensão do processo. Isso ficou evidente em suas contribuições no grupo (ao colaborar com as discussões de aplicações e reformulações de estratégias) e em sua atuação na sala de aula.

Partindo dessa análise exclusivamente do conhecimento de conteúdo da professora Carla, é possível inferir que ele evoluiu significativamente favorecido pelo processo de formação proposto. Uma constatação dessa hipótese pode ser promovida pela análise do desenvolvimento do PCK, uma vez que, para se ter sucesso no desenvolvimento da proposta de modelagem no ensino, o conhecimento da estratégia em si é imprescindível.

Avaliando o PCK da professora podemos afirmar, a partir da análise do quadro 5, que o *conhecimento de currículo* da professora, em relação à relevância e adequada introdução de modelos e atividades de modelagem no ensino de química foi desenvolvido no processo. Isso é notável tendo em vista que ela não explicitou nenhum conhecimento nessa dimensão anteriormente, além de ter reconhecido não ter utilizado atividades como aquelas anteriormente.

<u>Idéias sobre inserção de Modelos e Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Transformação: Instrução e Colaboração (reflexão sobre resultados da pesquisa-ação dos colegas)	Reflexão sobre a Instrução Conhecimento condicional	3.1) Validade/Importância no Ensino	✓ Proporciona mais do que o ensino do conteúdo, favorece ao aluno pensar por si mesmo, deduzir, comparar. ✓ Tanto o professor quanto o aluno aprendem muito modelando e planejando estratégias. ✓ Favorece o pensamento crítico e discernimento das coisas; desenvolve o raciocínio.
		3.2) Relevância para o Ensino de Ciências	✓ Pode favorecer a aprendizagem de um conteúdo importante da disciplina (química).
		3.3) Momento adequado	✓ Para alguns assuntos, ensinar assim é essencial.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática	Reflexão sobre a/para a Ação Conhecimentos procedimental e condicional	3.2) Relevância para o Ensino de Ciências	✓ Não dar a resposta é relevante para o aluno pensar por si mesmo e construir seu próprio conhecimento.
		3.3) Momento adequado	✓ Nunca deixar para o fim do ano, não dá para acompanhar o ritmo dos estudantes.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimento condicional	3.2) Relevância para o Ensino de Ciências	✓ O estudante aprende sobre a natureza de modelos e isso é relevante para sua formação.
		3.3) Momento adequado	✓ Quando os estudantes têm os pré-requisitos necessários para desenvolver a proposta.

Quadro 5: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Conhecimento de Currículo de Ciências em relação a modelos e modelagem.

Esse processo de desenvolvimento foi favorecido, principalmente, pela colaboração na troca de experiências das aplicações de estratégias, e consolidado pelos resultados refletidos pela professora no contexto de sua própria prática (quando ela se certificou de que a estratégia de ensino era aplicável a uma situação regular de ensino).

Sobre o PCK em termos do *uso de modelos no ensino* (quadro 6) a professora demonstrou reconhecer desde o início a existência de vários modelos e a importância de o aluno saber isso. Após o segundo encontro, ela auto-refletiu sobre sua prática, reconhecendo que os modelos que usava em sua sala de aula tinham limitações e que isso devia ser discutido com os estudantes, além de ser necessário tomar cuidados para se escolher um modelo, como uma analogia, por exemplo. Nesse sentido, a evolução dos conhecimentos da professora sobre o assunto foi favorecida pela reflexão sobre a instrução para a ação.

Em relação à *elaboração de estratégias de modelagem para o ensino* (quadro 7), após ter vivenciado a instrução, discussão e elaboração de estratégias, a professora demonstrou a construção de um novo conhecimento, tendo em vista a inexistência de conhecimento prévio sobre o assunto. Ela concluiu que, para formular uma estratégia, é importante considerar as concepções alternativas e prévias dos estudantes. Ao final de todo processo (entrevista 3), refletindo sobre sua experiência, a professora afirmou que desenvolver estratégias simples, com atividades e prática simples, facilita a aprendizagem dos alunos. Além disso, ela reafirmou a importância das idéias prévias dos alunos ao apontar que prever os modelos que eles podem propor é importante para facilitar a aplicação e condução pelo professor das atividades de modelagem. Assim, a pesquisa-ação realizada pela professora pode ser apontada como um fator que potencializou essas compreensões, pois além das contribuições da elaboração da estratégia, grande parte de suas percepções estava associada à sua atuação e aos seus resultados na prática.

<u>Uso de Modelos no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Compreensão (antes do início)	Conhecimento declarativo	4.1) A existência de vários modelos	✓ É importante que o estudante saiba disso.
Transformação: Instrução e Colaboração (após ENC 3)	Reflexão sobre a Instrução Conhecimento declarativo	4.2) Discussão dos vários códigos de representações e suas limitações	✓ É importante discutir isso com os estudantes e apresentar com cuidado uma analogia e suas limitações.

Quadro 6: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: uso de modelos.

<u>Elaboração de Estratégias de Modelagem para o Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Transformação: Instrução, Colaboração e <u>Pesquisa-ação</u> (elaboração da estratégia)	Reflexão para a Ação Conhecimento procedimental	5.1) Elaboração	✓ Deve-se considerar as concepções alternativas e as concepções prévias dos estudantes.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos procedimental e condicional	5.1) Elaboração	✓ A elaboração de uma estratégia bem simples, com atividades e práticas simples, facilita a aplicação. ✓ Pensar antes nos modelos que os alunos podem fazer é importante para facilitar a aplicação.

Quadro 7: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: estratégias de modelagem.

Condução de Atividades de Modelagem no Ensino			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Transformação: Instrução e Colaboração (reflexão sobre os resultados da pesquisa-ação dos colegas)	Reflexão sobre a Instrução Conhecimento declarativo	6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes	✓ O professor precisa saber bem o processo para ficar seguro do que faz e fazer de maneira adequada. Ele tem que se preparar muito mais do que o normal.
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimento procedimental	6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem	✓ Discussão dos modelos quanto à interpretação dos códigos. ✓ Discussão dos modelos dos estudantes sem julgamento dos mesmos como certos ou errados. ✓ Questionamento dos modelos dos estudantes favorecendo aos mesmos pensar em conceitos prévios importantes. ✓ Questionamento dos estudantes tentando ajudá-los a realizar testes mentais de seus modelos.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos declarativo e procedimental	6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes	✓ Condutor, facilitador no ensino por modelagem. ✓ Não fornecer respostas diretas para os estudantes.
		6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem	✓ Não deu respostas definitivas para os estudantes, tampouco avaliou seus modelos como certos ou errados.

Quadro 8: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: atividades de modelagem.

<u>Condução de Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a/para a Ação Conhecimentos declarativo e condicional	6.2) Adaptações para diferentes contextos	✓ Tem perguntado mais para saber o que os alunos estão pensando. ✓ Toma mais cuidado para verificar as concepções dos estudantes e saber se eles entenderam mesmo o que ela disse, e como entenderam. ✓ Vai aproveitar as experiências e as concepções dos estudantes sobre o tema. ✓ Vai tentar não mais dar respostas prontas para os estudantes.

Quadro 8: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: atividades de modelagem (continuação).

Como demonstra o quadro 8, a partir da reflexão sobre os resultados de aplicação dos colegas, a professora reconheceu a necessidade de um professor se preparar bem para desenvolver adequadamente uma estratégia de modelagem. Além disso, em suas aulas, Carla demonstrou seu conhecimento procedimental sobre como favorecer as condições para os estudantes executarem a modelagem. O desenvolvimento dessa habilidade de *conduzir estratégias de modelagem no ensino* parece ter sido favorecido por seu envolvimento na elaboração da estratégia e pelas trocas de experiências no grupo sobre as aplicações de outros participantes. Além disso, refletindo sobre as aulas no último encontro, ela demonstrou conhecimento declarativo sobre o papel do professor enquanto condutor e facilitador do processo, apresentando a idéia de que não convém que o mesmo dê respostas prontas aos alunos. Ao refletir sobre os resultados de sua prática, ela considerou que se saiu bem no processo porque não deu respostas prontas e não julgou os modelos dos alunos como certos ou errados. Essa confiança desenvolvida pela professora, a partir da harmonia entre a instrução, colaboração e pesquisa-ação em sua experiência de formação continuada, promoveu extrapolações e adaptações para outro contexto, conforme a mesma declarou em sua última entrevista.

<u>Idéias sobre o Entendimento dos Estudantes sobre Modelos e Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC 2)	Conhecimento declarativo	7.2) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelos	✓ Reconhece ter dificuldades para saber o que os estudantes não entendem. ✓ Acha difícil identificar o que eles não entendem.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC 4)	Reflexão sobre a Instrução Conhecimento declarativo	7.3) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelagem	✓ É difícil começar a modelar algo sobre o qual não se tinha pensado antes.
Transformação: Instrução, Colaboração e <u>Pesquisa-ação</u> (elaboração da estratégia)	Reflexão para a Ação	7.1) Relevância	✓ Considera relevante conhecer as idéias dos alunos: o que e como eles entendem a instrução.
	Conhecimento declarativo	7.2) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelos	✓ Dificuldade para imaginar as possíveis idéias dos alunos sobre modelos.
Transformação: Instrução e Colaboração (reflexão sobre os resultados da pesquisa-ação dos colegas)	Reflexão sobre a Instrução Conhecimento declarativo	7.3) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelagem	✓ Os alunos deverão ter dificuldade em se envolver da maneira necessária para desenvolver bem o processo, para se adaptar ao processo. ✓ Os alunos não deverão ter dificuldades com o aprofundamento do conteúdo.

Quadro 9: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Conhecimento do Entendimento dos Estudantes.

<u>Idéias sobre o Entendimento dos Estudantes sobre Modelos e Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos declarativo e condicional	7.2) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelos	✓ Confirma, na prática, as dificuldades dos estudantes com os modelos científicos (imaginam que o átomo tem a cor da substância), representações e suas limitações.
		7.3) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelagem	✓ Foi mais difícil arrancar, começar o primeiro modelo. ✓ Foi mais fácil modelar porque eles entendiam bem modelos. ✓ Poder/ter que reformular um modelo também foi difícil para os alunos, mas não tanto quanto ela imaginava antes. ✓ Foi mais fácil para os estudantes lidar com o conteúdo no processo. ✓ Os alunos terem os pré-requisitos necessários favoreceu o processo.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão para a Ação Conhecimento condicional	7.1) Relevância	✓ Conhecer a visão do aluno é importante para saber se ele está entendendo o professor.

Quadro 9: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Conhecimento do Entendimento dos Estudantes (continuação).

Analisando os resultados do quadro 9, constatamos que a professora enfatizou sua dificuldade em identificar e/ou prever as dificuldades de seus estudantes no início do processo, o que eles entendiam ou não sobre modelos, ou mesmo sobre conteúdos da disciplina. Após refletir sobre as aplicações e resultados dos colegas, participar das discussões dentro do grupo e refletir sobre as mesmas, a professora manifestou reconhecer a importância de o professor conhecer e entender as visões dos estudantes, provavelmente por ter vivenciado isso em sua prática. A partir de sua aplicação, ela enfatizou que pôde constatar as concepções alternativas que a literatura previa para o tema e que foi mais fácil lidar com isso por já ter refletido sobre as dificuldades dos alunos antes. Ao final do processo de formação, foi nítida a evolução da professora em relação ao reconhecimento de alguns aspectos que são mais fáceis ou mais difíceis para os estudantes no processo de modelagem (por exemplo: é mais fácil para os alunos construir um modelo adequado quando possuem os pré-requisitos necessários, é mais difícil para eles iniciar o processo por não estarem acostumados a buscar respostas sozinhos). Tal evolução parece ter sido promovida principalmente pelo seu envolvimento na pesquisa-ação.

Paralelamente ao desenvolvimento de seus conhecimentos sobre o entendimento dos estudantes, Carla foi percebendo aspectos importantes sobre a *aprendizagem* dos mesmos, como apresenta o quadro 10 a seguir. Refletindo sobre a pesquisa-ação dos colegas e a colaboração (instrução e discussões), a professora expressou acreditar que a modelagem pode ajudar no ensino e aprendizagem de um conteúdo químico que os alunos não entendem. Ao concluir todo o processo de formação, refletindo especialmente sobre os resultados de sua pesquisa-ação, a professora concluiu que, vivenciando o processo, o estudante aprende muito mais do que se estivesse somente ouvindo informações. Para ela, isto justificou sua percepção de que foi mais tranquilo para eles aprender o conteúdo com essa proposta. Acreditamos que isso significa que, principalmente pela pesquisa-ação que desenvolveu, a professora passou a acreditar na proposta de ensino ao perceber sua validade.

<u>Idéias sobre o Desenvolvimento e Avaliação dos Estudantes sobre/a partir da Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Transformação: Instrução e Colaboração (reflexão sobre os resultados da pesquisa-ação dos colegas)	Reflexão sobre a Instrução Conhecimento declarativo	8.1) Aprendizagem do estudante	✓ A modelagem pode ajudar na aprendizagem de um conteúdo químico que os estudantes não entendem.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática	Reflexão sobre a Ação Conhecimento procedimental	8.1) Aprendizagem do estudante	✓ Ao vivenciar o processo, o estudante aprende muito mais do que se só tivesse ouvido o conteúdo. ✓ Foi mais tranquilo para aprender o conteúdo do que de outra forma.

Quadro 10: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Conhecimento de Avaliações da Aprendizagem dos Estudantes.

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Compreensão (antes do início)	Conhecimentos declarativo, procedimental e condicional	Rigor acadêmico	✓ Dá muita aula expositiva, com pouca inovação. ✓ Dá muitos exercícios porque acha que é assim que eles aprendem. ✓ Usa práticas simples depois de ter apresentado a teoria (atividades verificacionais). ✓ No contexto de ensino de uma rede particular, sente-se pressionada pelo conteúdo, sem ter muito tempo. ✓ Existe diferença entre a concepção que a gente tem da abordagem de acordo com cada contexto, mas não devia existir.
		Uma intenção de processo	✓ Tinha desenvolvido em sua sala de aula a atividade de modelagem de uma televisão para que os alunos entendessem o que é um modelo.
		Busca de uma orientação por processo	✓ Afirmou ter autonomia sobre sua prática de modo a atuar segundo o que acredita, mas que às vezes se vê obrigada a fazer certas coisas para cumprir todo conteúdo. ✓ Já trabalhava fazendo os alunos pensarem, mas não com a mesma amplitude da modelagem, nem gastando tanto tempo. ✓ Afirmou que dava atividades para os alunos pensarem antes de introduzir o conteúdo; que passou a agir assim porque foi sentindo a necessidade de seus alunos com o passar do tempo, mas reconheceu que induzia muito as conclusões deles para que chegassem mais rapidamente no foco pretendido.

Quadro 11: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Orientações para o Ensino de Ciências.

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Conhecimento declarativo	Concepção de processo	✓ Ensinar química é importante para uma interpretação dos fenômenos do dia-a-dia; o conhecimento científico é importante para entender o mundo.
Transformação: Instrução e Colaboração (após os encontros)	Reflexão sobre a Instrução Conhecimentos declarativo e procedimental	Mudança conceitual e Atividade dirigida (o interesse da professora por essa orientação foi aumentando no decorrer do processo em função do contato com as estratégias e com os resultados dos colegas, assim como da elaboração e aplicação da estratégia.)	✓ (Q1) A professora se interessava em conhecer como é o papel do professor enquanto facilitador. Ela achava isso fascinante. ✓ (Q2) Ela nunca havia pensado algumas coisas sobre modelos. ✓ (Q3) Ela queria saber mais sobre trabalhar adequadamente com analogias. ✓ (Q4) Depois de vivenciar a experiência do Suflair, ela quis saber mais sobre como trabalhar com a modelagem no ensino. ✓ (Q5) Ela se sentiu ainda mais motivada a conhecer o processo depois de apresentações de aplicações dos colegas do grupo.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC 14)			✓ Sentindo-se mais confiante em seus conhecimentos, a professora contribuiu com sugestões para a aplicação de um colega do grupo.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC 17)	Conhecimentos declarativo e condicional	Início de uma orientação para processo	✓ Naquele ano, os alunos estavam trabalhando com um livro que favorecia pensar muito, discutir, fazer a atividade prática para introduzir o assunto.

Quadro 11: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Orientações para o Ensino de Ciências (continuação).

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Transformação: Instrução, Colaboração e <u>Pesquisa-ação</u> (elaboração da estratégia)	Reflexão para a Ação Conhecimentos declarativo e condicional	Atividade dirigida (os alunos são estimulados e motivados por experiências manuais); Processo (ajuda os estudantes a desenvolver habilidades de processos científicos) e Mudança conceitual (os estudantes são confrontados com seus conhecimentos prévios e o professor atua como facilitador do processo)	✓ Acreditava na prática de modelagem, mas julgava que existem momentos adequados para utilizá-la. ✓ Reconheceu que a proposta pode favorecer a aprendizagem e a motivação dos alunos. ✓ Pensava que os alunos poderiam ter dificuldades em trabalhar da maneira requerida na proposta de modelagem porque não estavam acostumados. ✓ Reconheceu que seu objetivo era que o aluno aprendesse de fato o conteúdo lecionado. ✓ Relatou que iria favorecer ao aluno pensar mais por si mesmo, deduzir, comparar.
Instrução: Pesquisa- ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos procedimental e condicional	Atividade dirigida, Mudança conceitual e Processo	✓ Entregou o roteiro aos estudantes e apenas tirou dúvidas operacionais, deixando os alunos trabalharem autonomamente. ✓ Questionava os alunos para auxiliá-los a pensar e desenvolver as atividades ao invés de dar respostas prontas. ✓ Confrontou as concepções alternativas dos estudantes com questões desafiadoras. ✓ Favoreceu e estimulou o raciocínio dos alunos e o uso de conhecimentos prévios através de questões geradoras.

Quadro 11: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Orientações para o Ensino de Ciências (continuação).

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos procedimental e condicional	Atividade dirigida, Mudança conceitual e Processo	✓ Favoreceu e conduziu bem os debates e discussões dos estudantes dentro de seus grupos e com a turma toda. ✓ Questionou as representações usadas na elaboração dos modelos, promovendo a aprendizagem dos estudantes sobre a natureza dos mesmos. ✓ Discutiu com os alunos a coerência de um modelo, favorecendo a compreensão de que modelos não são definitivos, nem únicos (desenvolvendo o entendimento da construção do conhecimento científico). ✓ Construiu um modelo consensual com os alunos a partir dos modelos expressos por eles e concluiu a atividade.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos declarativo, procedimental e condicional	Mudança conceitual e Processo	✓ A professora tinha medo de falar a resposta para os alunos, pois sabia que não podia fazê-lo. ✓ Os alunos aprenderam e ficaram motivados com as práticas e discussões. ✓ A professora reconheceu que a mudança em sua prática foi boa e que tinha vontade de usar atividades de modelagem de novo.

Quadro 11: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Orientações para o Ensino de Ciências (continuação).

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos declarativo, procedimental e condicional	Orientação por processo e Mudança conceitual	✓ Ela acha que se saiu muito bem na aplicação, apesar de reconhecer que era difícil ouvir todos os alunos, formular imediatamente as questões e não dar respostas de jeito nenhum. ✓ Ela passou a considerar que conhecer as concepções prévias e alternativas dos alunos era o mais importante para saber se o aluno está aprendendo ou não. ✓ Com isso ela passou a fazer, mais do que antes, a checagem do entendimento dos estudantes, o confronto e discussões de concepções alternativas e a buscar não dar as respostas. ✓ Ela considerou muito importante para a aprendizagem dos alunos que eles pensassem por eles mesmos, expressassem e testassem suas idéias.

Quadro 11: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Carla – Orientações para o Ensino de Ciências (continuação).

O quadro 11 evidencia as transições das visões da professora sobre o ensino de ciências e seus objetivos em função das discussões iniciais ocorridas no grupo sobre o ensino por modelagem e do desenvolvimento de seus conhecimentos sobre essa proposta. Esse movimento é previsto na literatura (Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999), quando tais autores reconhecem que as orientações são passíveis de mudanças através das novas experiências vivenciadas na prática mediante a alteração dos conhecimentos e crenças dos professores.

Dois dos aspectos mais interessantes de serem destacados em relação a este PCK da professora são: a instabilidade inicial de algumas transições e a aparente coexistência, também inicial, de orientações distintas (o que, a nosso ver evidencia que os professores podem se orientar por mais de uma perspectiva simultaneamente, desde que não sejam incoerentes). Isso parece refletir uma não consciência da professora sobre os aspectos que orientavam sua prática inicialmente (provavelmente associada a um não costume de refletir sobre a mesma e sobre suas ações) e um conflito entre o que ela reconhecia como sendo bom e apropriado ao ensino e o que ela realmente conseguia realizar em sua sala de aula.

No decorrer do processo, acreditamos que as concepções da professora foram sendo progressivamente consolidadas dentro dos pressupostos das orientações por processo, atividades dirigidas e mudança conceitual. Isso foi possível porque:

- A professora se identificou com as metas e características de um ensino sob essas orientações. Ao refletir sobre sua prática, passando por um processo de tomada de consciência da mesma, a professora reconheceu nessas orientações aspectos que ela já julgava como importantes para um ensino mais agradável e efetivo, mas que ainda não havia conseguido concretizar em sua prática;
- A professora foi percebendo a validade da proposta pelos relatos dos demais professores do grupo e, sobretudo, passou a dimensioná-la dentro de seu

contexto escolar, ao elaborar uma estratégia a qual aplicaria em sua sala de aula. Dessa forma, mais do que traçar os objetivos compatíveis a essas orientações, a professora passou a reconhecer as ações necessárias para trabalhar nessa perspectiva. Nessa etapa é importante observar que a professora ainda se prendia a uma meta de aprendizagem apenas do conteúdo, embora reconhecesse as potencialidades da proposta de ensino. A nosso ver, isso advém da influência de uma prática rotineira fundamentada no rigor acadêmico e reflete uma acomodação ainda parcial das mudanças de concepções.

- A professora atuou em seu contexto, segundo essas perspectivas, desenvolvendo uma nova proposta de ensino e pôde sentir, em sua realidade, as conseqüências dessa inovação. A partir dos resultados positivos identificados pela professora, tanto em sua atuação quanto na aprendizagem dos alunos, e do conhecimento da proposta que aplicava em sua sala de aula emergiram uma auto-confiança e satisfação consigo mesma e com sua prática. Acreditamos que isto favoreceu uma acomodação mais concreta dessas mudanças.

Discutir sobre as orientações para o Ensino de Ciências pode ser visto como um processo que, a princípio, pode ser associado a organizações de idéias que direcionam as decisões sobre as metas e as características do processo de ensino, ou, em outras palavras, à construção de mapas conceituais (Borko & Putnam, 1996). Entretanto, perceber uma inter-relação tão complexa, rítmica e coerente entre os cinco subdomínios apresentados, nas dimensões declarativas, procedimentais e condicionais nos conduz a inferir sobre um amplo e não linear desenvolvimento do PCK dessa professora.

ESTUDO DE CASO DA PROFESSORA HELEM

Na medida do possível, a descrição do estudo de caso da professora Helem segue a mesma seqüência do estudo da professora Carla, para facilitar a leitura e as posteriores comparações. Contudo, tendo em vista a participação e as características diferenciadas das duas, algumas modificações foram necessárias e são justificadas, quando for o caso.

Como descrito na metodologia, a professora Helem não foi entrevistada no início do projeto. Por esse motivo, aspectos relacionados à sua visão sobre si mesma como professora e sobre sua prática foram relatados ao longo do processo. Estando esses relatos associados ao processo vivenciado por Helem, eles são apresentados ao final desse estudo de caso, na seção que apresenta a auto-reflexão da professora sobre a experiência vivida. Nesse sentido, iniciamos este estudo de caso apresentando uma caracterização da dupla participação de Helem nesse projeto de formação docente. Diante desses aspectos, sua formação é analisada considerando seu perfil de professora aprendiz, enfatizando, sempre que necessário e pertinente, a influência de sua atuação também como especialista.

Como a professora entrou no grupo e o que a motivou a permanecer?

A professora Helem formou-se em 2004, na UFMG. Durante sua graduação, ela conheceu a professora Rosária, e, como já tinha interesse em continuar os estudos na área de Educação, convidou-a para orientá-la em sua monografia de conclusão de curso.

Ao iniciar o Mestrado na área de Educação, ela manteve seu direcionamento para a área de ensino a partir de modelos. Poucos meses depois, quando se iniciou o projeto de formação continuada docente, ela foi convidada a participar do mesmo, com o intuito de contribuir com seus conhecimentos prévios, participando diretamente como membro do grupo de pesquisa organizador do projeto, e de ampliar seus conhecimentos sobre ensino através de modelagem, participando do grupo como

os demais professores, no papel de aprendiz. Nesse contexto, a professora participou das reuniões do grupo de pesquisa, para preparação dos encontros, e dos encontros do grupo colaborativo.

Quando questionada sobre o seu interesse em participar do grupo, Helem respondeu:

“Eu acredito piamente na estratégia de modelagem! O que me influenciou fortemente foi a monografia, quando eu detectei uma série de concepções alternativas e que isso era uma coisa que eu já tinha visto na universidade, mas que eu acho que eu só tive uma dimensão dela na hora que eu escolhi um tema que na época eu estava ensinando, e que, sinceramente, eu tinha a ilusão de que os meus alunos estavam entendendo completamente o que eu estava falando. A partir desse momento, que eu fiz um piloto com a minha turma, eu vi que eles não estavam entendendo absolutamente nada do que eu tava falando, e que tinha aspectos que eu não entendia o que eu estava falando para eles; então eles não tinham que entender também. Então eu comecei a prestar atenção em detalhes que fazem toda a diferença, que é começar a pesar o que eu estou falando, perguntar até que ponto eles estão entendendo..., nesse momento eu comecei a prestar mais atenção na elaboração dos modelos por parte dos alunos. Foi isso que me motivou a buscar mais, a participar e achar que é uma estratégia válida. Porque a partir do momento em que comecei a usar estratégias – que eu posso falar que não são estratégias, nada muito profundo – mas que eu procurava, na minha fala, cortar aspectos que eu vi como negativos que eu não percebia antes... É claro que dentro do processo de ensino que eu vivo eu teria que verificar isso com prova, mas eu tive um resultado diferente, mesmo que mais superficial, mas melhor do que eu tinha antes.” (ENT2)

Dessa forma, a professora explicitou que o que a motivou a entrar e permanecer no grupo foi, principalmente, sua crença na validade da metodologia de ensino, crença essa baseada em conhecimentos prévios e evidências relacionadas a algumas de suas experiências anteriores.

Identificação dos aspectos que evidenciam o Conhecimento de Conteúdo da professora

Iniciando, portanto, a caracterização da evolução do conhecimento de conteúdo da professora Helem, apresentamos os conhecimentos identificados através da análise³² da monografia desenvolvida pela professora:

- Sobre a natureza dos modelos a professora demonstrou reconhecer que eles possuem limitações:

“Isso indica que os alunos aceitam a analogia de forma não crítica, sem pensar nas conseqüências... Já esse tipo de resposta demonstra que esses outros alunos conseguiram compreender a analogia e por isso, foram capazes de identificar algumas de suas limitações.” (MON)

- Sobre as entidades que podem ser modeladas, ao reconhecer que analogias são modelos, Helem demonstrou saber que entidades abstratas podem ser representadas através de modelos;
- Sobre o uso de modelos, ela demonstrou reconhecer que os modelos servem para explicar algo:

“Menos de um terço dos alunos explica corretamente as características do alvo³³ usando a analogia.” (MON)

Nas discussões do grupo de pesquisa, as observações e notas de campo evidenciaram que a professora reconhecia que:

- é da natureza dos modelos possuir limitações e ser uma representação parcial, podendo existir mais de um modelo para uma mesma entidade;
- idéias, coisas abstratas e fenômenos são entidades modeláveis;

³² Nesse processo foi considerada, basicamente, a seção de análise e discussão dos resultados, por entendermos que nelas, a professora explicitou melhor o que realmente pensava e havia aprendido com a pesquisa.

³³ Alteração do original para não explicitar o tema da monografia.

- modelos servem para explicar algo, para facilitar a visualização de entidades abstratas e expressar idéias;
- modelos evoluem com o tempo, podem ser reformulados, não sendo definitivos.

Esses conhecimentos foram identificados a partir de uma discussão que ocorreu no grupo de pesquisa e que culminou na realização de uma atividade sobre o que seria ou não modelo, no workshop 2, onde os professores analisaram vários sistemas e discutiram quais podiam ser identificados como modelos. No contexto de discussão dentro do grupo colaborativo (segundo encontro), Helem também expressou compreender que modelos servem para fazer previsões:

P3: Uma fórmula é sempre um modelo?

Helem: *Depende! Uma fórmula ela pode te ajudar a prever, então é um modelo. Porque depende da situação né? Você falou que com a fórmula não dá pra prever nada. Depende da situação não é?*

Coordenadora: Ela pura, sozinha, não!

Helem: *Não!*

Coordenadora: Mas se ela tiver numa equação, que explica...

Helem: *Ah, sim!* (ENC2)

No terceiro encontro, a professora atuou como especialista, conduzindo as discussões no grupo colaborativo sobre modelos analógicos, baseando-se nos resultados de sua monografia. Nele, uma das falas de Helem corroborou seu entendimento sobre as limitações dos modelos:

“Perceber essas limitações das analogias... São aspectos chaves pra gente passar a enxergar analogias de uma outra forma. (...)E se for introduzir... chamar também a atenção para esses aspectos. Seria interessante você escolher uma analogia que você acha legal, interessante pra ser introduzida, se a gente viu que ela tem essa série de aspectos.... Então seria interessante verificar quais seriam, antes de você introduzir, os conceitos que o aluno tem em relação aquilo e trabalhar junto com ele essa possibilidade de limitação que não só a analogia, mas que qualquer outro modelo teria.” (ENC3)

Nos demais workshops, no grupo colaborativo, Helem participou pouco. Esta opção por manifestar-se pouco nos encontros dos quais ela havia participado da elaboração foi pessoal da professora. O mesmo não aconteceu com os demais membros do grupo.

Nos encontros 8, 9 e 10, nos quais ocorreram as elaborações das estratégias, a professora Helem participou de um grupo cujo tema escolhido foi a diferenciação entre interações interatômicas e intermoleculares através de um ensino baseado em modelagem. Nas discussões, Helem demonstrou conhecimentos, na prática, sobre modelos que confirmaram os conhecimentos já pontuados. Por exemplo:

- Ela propôs que os estudantes modelassem uma mudança de estado físico de duas substâncias, o que indica que ela reconhecia que processos podem ser modelados;
- Na elaboração das atividades, ela insistia para que fosse solicitado aos estudantes que fizessem previsões a partir de seus modelos.

Contudo, um dos aspectos mais relevantes desses encontros foi a demonstração de conhecimento da professora sobre as etapas do processo de modelagem. Ao guiar o processo de elaboração da estratégia, Helem sugeriu que fosse(m):

- selecionados fenômenos simples para favorecer uma experiência com o alvo;
- promovidos testes mentais dos modelos favorecendo sua reformulação, se necessário;
- propostos testes empíricos que promovessem novas oportunidades de reformulação dos modelos;
- previstos momentos de discussões entre os pares e socializações dos modelos;

- promovida a elaboração de um modelo consensual no final do processo considerando suas abrangências e limitações.

Embora a professora tenha se baseado no diagrama Modelo de Modelagem para desenvolver esse processo, suas proposições espontâneas e discussões com os professores do seu subgrupo sobre cada etapa demonstraram uma real compreensão desses fatores.

Nos encontros 11 e 12, Helem foi a porta-voz de seu subgrupo para apresentar a estratégia aos demais professores. Nesses momentos, não foi explicitado nenhum conhecimento adicional.

No encontro 14, durante uma discussão sobre os resultados da aplicação da estratégia de ligação metálica (elaborada por outro subgrupo), Helem manifestou um conhecimento sobre os objetivos – o aluno não precisa elaborar um modelo que explique tudo, mas ter ciência do que o seu modelo, ou o de algum colega, explica ou não – e etapas de um processo de ensino baseado em modelagem – analisar os modelos em termos dos aspectos que se quer explicar, comparar modelos entre si e considerar limitações:

“Eu acho que a gente limita demais quando fala de um modelo referência, parece que tem uma série de pré-requisitos e que ele tem que chegar naquele modelo como um todo. O que eu estou falando aqui é o seguinte: que a gente poderia sentar e pensar em cada situação com que você chega num determinado quesito mesmo que ele não vá chegar com um modelo dele nesse ponto, com o modelo dele explicando tudo, mas que ele saiba explicar... tipo: eu fiz esse modelo aqui, vai explicar esse aspecto que você está querendo... mesmo correndo o risco dele explicar só esse fato. Não interessa se ele dá conta, mesmo que não seja com o modelo dele e seja com o modelo do outro. É muita ilusão achar que ele... quando eu confrontar ele com todos os grupos ele vai dar conta... por isso coloquei essa idéia de relacionar um com o outro, porque você não vai esperar que ele chegue num modelo perfeito...” (ENC14)

No décimo quinto e décimo sexto encontro, Helem escreveu, juntamente com seus colegas de subgrupo, Carla e P1, um artigo para um congresso, relatando sobre a estratégia de ensino elaborada por eles. Nessa etapa também não foram explicitados novos conhecimentos de conteúdo.

Na entrevista 2 (a primeira realizada com a professora, mas que mantém essa denominação por conter as mesmas questões que a segunda entrevista da professora Carla), Helem explicitou conhecimentos sobre entidades que podem ser modeladas e sobre a utilidade de modelos:

“Agora a aprendizagem dos modelos é você conseguir representar e pensar em coisas abstratas através dos modelos; situações que seriam, normalmente mais difíceis, isso pensando no modelo pro aluno. Pro professor, pra mim também não foge disso, não; e conseguir visualizar, representar situações que sem os modelos elas seriam inviáveis, e fazer associações.” (ENT2)

Ela também explicitou compreender um dos objetivos da modelagem e o que achava que era modelagem, o que corrobora nossas interpretações feitas a partir dos encontros de elaboração:

“Ter consciência de como a ciência se desenvolve, para mim é o aspecto mais importante da elaboração dos modelos. Agora a aprendizagem dos modelos é você conseguir representar e pensar em coisas abstratas através dos modelos. (...) É um processo de criação e reformulação de modelos.” (ENT2)

Ainda nessa entrevista, a professora enfatizou que não tinha conhecimentos prévios sobre modelagem antes de começar a participar do grupo:

“Não participei do processo de modelagem, a respeito da criação, da elaboração de estratégia, desse tipo de atividade eu não participei; mas o conceito de modelos e artigos sobre isso, eu tive o contato pela primeira vez na disciplina de IEQ... que a gente tomou conhecimento e identificou, em livros, modelos e modelos de ensino. Foi o meu primeiro contato. Depois eu voltei a ter, quando eu fui fazer a monografia. Aí eu fui tomar conhecimento maior sobre modelos, mas não foi sobre processo de modelagem.” (ENT2)

E que esse conhecimento começou a ser desenvolvido dentro do grupo de pesquisa:

Sobre a elaboração da atividade do Suflair® para o grupo colaborativo: “Não, mas aí, nessa época, eu já tinha um conhecimento a mais de modelagem, porque antes da gente elaborar, a gente teve que ler uma série de bibliografias... Discutimos! Antes do processo de elaboração da atividade do Suflair, a gente discutiu o organograma (referindo-se ao diagrama Modelo de Modelagem) e a interpretação, a gente leu o artigo e discutimos entre a gente, prá depois propor a atividade.” (ENT2)

Logo após a entrevista 2, Helem começou a aplicar a estratégia de interações em sua sala de aula, sendo a primeira de seu subgrupo a fazê-lo. Mais uma vez, na prática, ela demonstrou seu entendimento sobre a natureza, o uso e a estabilidade dos modelos em vários momentos:

“Eu escutei alguém dizer: ‘Ah! Vamos procurar saber como é a formula do iodo e do grafite no livro, saber como eles são, pra depois a gente responder essas questões’. Eu gostaria que vocês não fizessem isso. Porque qual que é o objetivo do próximo passo? Exatamente que a gente faça uma previsão de como que eles estão. Não existe resposta correta! Nós vamos tentar chegar num modelo que explique essa situação, não necessariamente precisa ser modelo que ta lá no livro, entenderam? Então por isso que não é importante pra nossa atividade que vocês procurem no livro, é exatamente o contrário que a gente quer. (...) não tem uma resposta certa! Depende da forma de raciocínio de cada um de vocês.” (A1)

“...a questão não é: o modelo dela tá certo ou tá errado! Mas ele dá conta ou não dá conta? (...) Se você especifica sua idéia, você torna seu modelo mais válido ou mais inválido? (A turma responde: Mais válido!) Então, é isso que eu estou querendo aqui, que a gente entre em um consenso, que não existe uma única idéia, mas desde que você explique bem aquela idéia, desde que ela dê conta de explicar o fenômeno, ela não é a única possível...” (A6)

“A idéia pelo menos de que nenhum modelo vai conseguir explicar absolutamente tudo ficou dessa atividade? Porque se isso tiver ficado pra mim foi um ganho enorme. Outra coisa... ficou aquela idéia de que a química não tem certeza absolutamente... certeza daquele jeito que vocês falam ‘é isso e pronto bate o martelo e ninguém pode falar mais nada’, ficou essa idéia a partir desse processo? (Os alunos responderam positivamente)” (A6)

Helem demonstrou esses conhecimentos inclusive em sua discussão com um dos grupos que insistia em saber se o modelo proposto por eles estava certo ou errado:

A1G1: O modelo do grafite a gente tá em dúvida.

Helem: Por quê?

A1G1: Porque se a gente pensar na forma estrutural daí dá infinitos... (referindo-se ao fato de o C ter que fazer sempre quatro ligações, então o modelo não teria fim)

Helem: E qual que é o problema disso?

A1G1: O problema disso é que a gente não sabe se tá certo.

Helem: Tem que estar certo? Tem que ter UMA resposta?

A1G1: Tem que estar coerente?

Helem: *E isso está coerente com o que vocês estão pensando?*

A1G1: Então, depende!

Helem: *Depende de que?*

A1G1: Do ponto de vista.

Helem: *Então, do ponto de vista de vocês tá bom?*

G1: Sim!...

Helem: *Isso que é importante.” (A2)*

Ainda em suas aulas, a professora explicitou conhecimentos de conteúdo sobre o processo de modelagem, tanto em termos de seus objetivos quanto de suas etapas:

“Mas a principio, o que vocês estão pensando, vocês vão ter que representar e me explicar. Pronto, explicou isso, nós vamos ter outras fases. A gente vai ter outras atividades, são 5. Nessa outra atividade vocês vão ver, ‘olha, o modelo que eu representei está dando conta de explicar essa situação aqui também?’ Se sim, então tá beleza! Se não, então eu vou ter que reformular, eu vou ter que repensar o meu modelo. Então por isso vocês têm que ter a oportunidade de representar... pra depois me explicar se está legal ou se não está! (A2)

“...um cientista... tem que buscar inspiração pra poder criar o seu modelo. Mais que isso, vamos supor que fosse um cientista e que ele estivesse nessa etapa de conhecimento. Ele sabe algo sobre ligação química, algo sobre modelo atômico e ele tem aí esse material em mãos. Qual outra certeza que ele teria? A não ser uma série de hipóteses que iria lançar aí. É isso que estou querendo de vocês. (Aluna: Mas como que a gente vai saber as hipóteses deles?) Eu acho que todas são possíveis! Essa é minha opinião pessoal.” (A2)

“Quando o pessoal vem aqui e coloca as questões para vocês, não necessariamente, se você tiver uma explicação, se você conseguir formular uma explicação usando seu modelo, você vai explicar, mas você não tem que responder na hora. Você pode sentar e pensar e tentar explicar usando seu modelo. Só que às vezes você vai ver que seu modelo não vai dar conta de explicar. O que você vai fazer com o seu modelo? (Alunos: Reformular!) Reformular! Fazer um novo modelo pra tentar explicar. Então, essas questões... são pra vocês pensarem.” (A3)

No encontro 17 (que ocorreu entre as aplicações da estratégia em sua turma e o encontro em ela apresentou seus resultados para o grupo – ENC19), alguns trechos da fala da professora ao explicar, analisar e discutir com o grupo os modelos de seus alunos validou os diferentes modelos que surgiram. Por exemplo:

“... e aí veio a explicação do grafite que elas falaram de moléculas. Logo depois delas veio outro grupo que veio apresentar essa rede de carbonos e eu achei legal, (...) um grupo foi interagindo com o outro com relação ao modelo deles; que na hora que eles fizeram essa rede sobram átomos, nas extremidades, de carbono que não tava estável porque não tinha feito as 4 ligações igual elas falaram,... e aí o grupo das meninas que tinham estabilizado com 4 logo perguntou prá eles: ‘como é que vocês justificam essa questão?’ (...) Eu achei que eles criaram modelos muito legais.” (ENC19)

Dessa forma, Helem demonstrou novamente sua plena aceitação da existência de mais de um modelo para uma mesma entidade, uma vez que, conhecendo o modelo científico, ela poderia simplesmente fazer comparações e julgamentos dos modelos de seus alunos.

Finalmente, na entrevista 3, Helem expressou, em outras palavras, seu entendimento sobre as etapas de um processo de modelagem como a elaboração de um modelo consensual no grupo de alunos, a reformulação do modelo e o reconhecimento de suas limitações:

“O tópico eles aprenderam, mas mais que o tópico, aquela idéia que a gente trabalha de ter noção de como a ciência é construída, eu acho que se ele chegou a um consenso ou não chegou, se ele formulou um modelo legal, se dá conta de explicar ou não, isso é inerente à modelagem. Para além disso, o que fica mesmo é a construção da ciência.” (ENT3)

Identificação dos aspectos que evidenciam o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo da professora

Considerando as manifestações e evoluções do PCK da professora anteriormente à sua participação no grupo, Helem tinha uma concepção que apontava para a validade do uso de modelos nos ensino, além de uma noção sobre o momento adequado para a inserção do mesmo. Isto foi evidenciado por um comentário no encontro 3:

“Quando eu fui apresentar minha monografia, a examinadora me perguntou se eu como professora achava viável utilizar esta analogia. No momento, tendo analisado aquele tanto de dados que me indicavam que havia mais problemas, eu falei que realmente não via fundamento em utilizar. Eu penso o contrário hoje. Eu acho importante estar compartilhando isso, pela experiência que eu tive esse ano de poder trabalhar diferente. Antes eu colocava a analogia e depois tentava buscar aquilo eu queria fundamentar. Hoje, eu faço o inverso, eu apresento o modelo curricular, mesmo

que através de pinceladas, depois eu apresento a analogia e depois retomo o modelo curricular. E eu percebo que o resultado é diferente, mesmo que eu não tenho tido uma ampla variação, mas eu já percebi assim, pequenas diferenças que tem valido a pena. (...) É importante você saber que você vai usar só como um meio, só como uma ponte que você tem que voltar no modelo curricular, porque se o modelo curricular, como ela (P2) falou é uma coisa desnecessária de fazer utilização de uma analogia, você pode chegar por outros meios, aí você não tem realmente a necessidade de usar a analogia. Agora se é uma coisa extremamente abstrata...” (ENC3)

Embora sua visão fosse bastante focada em analogias, a professora entendia que elas eram um tipo de modelo, o que estendia seu conhecimento para os modelos em geral, inclusive em termos da importância de se discutir os códigos e limitações com os alunos:

“Perceber essas limitações das analogias são aspectos chave pra gente passar a enxergar analogias de uma outra forma. (...) E se for introduzir... chamar também a atenção para esses aspectos. Não seria interessante você escolher uma analogia que você acha legal, interessante pra ser introduzida, se a gente viu que ela tem essa série de aspectos? Não seria interessante verificar qual seria, antes de você introduzir, os conceitos que o aluno tem em relação àquilo e trabalhar junto com ele essa possibilidade de limitação que não só a analogia, mas que qualquer outro modelo teria?” (ENC3)

Nesse trecho, Helem também demonstrou considerar importante que o professor conheça a interpretação, o entendimento do aluno sobre o modelo apresentado.

No encontro do grupo de pesquisa que antecedeu ao quarto workshop, Helem, após a leitura de vários artigos e das discussões com os demais membros da equipe, participou da elaboração da estratégia de modelagem do Suflair®, que seria desenvolvida com os participantes do grupo colaborativo. Nesse momento, a professora demonstrou que seus conhecimentos sobre o assunto ainda estavam em desenvolvimento, pois pautavam-se muito nas teorias discutidas. No workshop, ela participou intensamente como aprendiz, apresentando o modelo que ela criou e discutindo os modelos dos colegas (vivenciando o processo de modelagem).

Nos encontros 5 e 6, a participação da professora foi discreta, não evidenciando nenhum aspecto de seu PCK.

No sétimo encontro, ao explicitar um tema proposto por ela e pelo professor P1 para a elaboração de uma estratégia de modelagem, Helem demonstrou reconhecer uma dificuldade dos estudantes no ensino de química:

“A gente tava conversando... que é um problema que eu tenho no 1º ano... que eles já viram ligações e quando chega em interações intermoleculares você vê que eles não sabem nada. Porque você vai ver que eles confundem interação interatômica com interação intermolecular...Aí você vai buscar e um dos problemas foi você ter trabalhado com as mudanças de estado físico sem falar nada.” (ENC7)

Nos três encontros seguintes, Helem demonstrou vários conhecimentos sobre o processo de elaboração de estratégias de modelagem ao conduzir seu subgrupo no planejamento da estratégia de ensino sobre interações. Seu PCK foi evidenciado em suas sugestões de:

- selecionar fenômenos simples para que os alunos pudessem começar a modelar a partir deles;
- verificar na literatura as principais concepções alternativas dos alunos para garantir que as atividades não as reforçariam e ajudariam os alunos a modificá-las;
- analisar as principais concepções alternativas e conhecimentos prévios dos alunos para prever os possíveis modelos que seriam elaborados por eles;
- elaborar questões geradoras, a partir das previsões anteriores, que pudessem levar os alunos a testar mentalmente seus modelos e modificá-los quando necessário, sem o professor dar respostas prontas ou julgar o modelo como certo ou errado;
- propor testes empíricos que promovessem novas oportunidades de reformulação dos modelos;

- prever, na estratégia, momentos de discussões entre grupos menores e socializações dos modelos para toda a turma;
- promover a elaboração de um modelo consensual no final do processo e discutir com os alunos as abrangências e limitações do mesmo.

No geral, a professora se orientou pelo diagrama Modelo de Modelagem, mas sua grande habilidade para desenvolver a elaboração e auxiliar os professores de seu subgrupo no processo demonstrou um verdadeiro entendimento desses aspectos. Isto foi observado, principalmente, porque ela não impôs nenhuma dessas etapas; ela discutiu e construiu cada uma colaborativamente com os outros dois professores.

No décimo primeiro encontro, ao apresentar para o grupo a estratégia que seu subgrupo elaborou, Helem explicitou conhecimentos sobre a elaboração de estratégias que corroboraram os aspectos destacados anteriormente, e novos conhecimentos sobre o entendimento dos estudantes sobre modelos, associado às suas concepções alternativas:

“O foco principal da gente quando a gente começou a pensar em interação intermolecular foi a diferenciação que o aluno não faz entre interação interatômica e intermolecular. A partir disso, nós começamos a investigar que outras coisas vinham de encontro a esse conceito, uma delas seria a questão da temperatura de ebulição alta ou baixa, incluir maior ou menor gasto de energia para quebrar a ligação. Isso já seria um critério pra ele conseguir começar a diferenciar a interação intermolecular da interatômica. Ele não tem a idéia da influência desse valor na intensidade dessa ligação... E, a partir do meu trabalho que eu pude ver isso, que muitas vezes ele vai escrever a ligação química como algo que pode pegar. Ai a gente quis colocar isso também, pra gente verificar as interações.” (ENC11)

“A gente pensou em aquecer duas substâncias, o iodo e o grafite... e a gente viu que é importante também o aluno não confundir que na hora que você vai quebrar a ligação tem que fornecer energia... e na literatura tinha uma parte que falava que, como na maioria das vezes, como no dia-a-dia você precisa de energia para fazer as coisas, ele pensa que pra formar a ligação precisa gastar energia...” (ENC11)

Ainda neste encontro, a professora explicitou que ao elaborar a estratégia, ela e seu grupo pensaram em maneiras de favorecer a execução da modelagem e a expressão das idéias dos estudantes:

“Nós pensamos então em aquecer as duas substâncias... a partir daí a gente pensou que o aluno poderia... porque na hora que você aquece o iodo, que sai um gás violeta, ele poderia pensar que é uma reação química... por causa da mudança de cor... Então pra isso a gente está propondo aquele teste com o amido, para que ele identifique o que está saindo ali é iodo, e não é outra substância. Outra coisa que a gente pensou é que na hora de perguntar o que ele está observando, ao invés de falar que teve a sublimação do iodo, ele poderia falar que o iodo derreteu. Aí a gente pensou em perguntar em qual momento ele percebeu que o iodo derreteu, porque quando a gente fez o teste com o iodo... a gente viu que primeiro ele funde e depois vira gás. Então seria interessante perguntar em que momento ele está falando que derreteu, porque não necessariamente ele pensou em derretimento como o processo todo, mas naquele momento que ele realmente derreteu. Então esses foram os dois pontos chave que a gente detectou, antes de começar a pedir pra ele modelar o fenômeno. (...) Outro dado que ele receberia é a fórmula que representa a grafite, C(grafite) e a fórmula que representa o iodo (I_2). Depois que ele tiver falado isso, a gente pediria pro aluno pra modelar esse processo.” (ENC11)

No décimo terceiro encontro, ao contribuir nas discussões sobre a elaboração e aplicação de outras estratégias, a professora evidenciou sua compreensão de três aspectos – a elaboração de estratégias de modelagem, o papel do professor nesse processo e as condições que favorecem os alunos a desenvolver a modelagem:

Elaboração da estratégia de energia: “Se fosse possível achar uma reação simples, que uma liberasse e outra absorvesse, e que você pusesse pedir para ele para modelar; vamos supor que você não falasse disso. A questão não é ele desenvolver o modelo dele para dar conta de explicar uma série de situações? Então eu vejo uma vantagem enorme em você conseguir uma reação desse tipo e depois ele ter que explicar o papel da energia já nessa reação. Que aí você mostra pra ele: ‘então vamos observar essa evidência aqui, essa aqui tá absorvendo, essa aqui tá liberando’. Isso é uma coisa que você não tinha chamado atenção dele num primeiro momento. E que aí ele, usando aquele modelo dele, vai ter que incluir.” (ENC13)

Papel do professor: “Que eu estou sentindo que eles não estão usando o modelo deles e que eles não estão nem percebendo. Eu acho interessante você chegar e falar: ‘OK! Tá, você acha que explica, então o que tem a ver isso aqui com seu modelo? Fala aonde que ele está explicando, o que está sendo coerente com o que está sendo modelado. Você teve que reformular, onde que você reformulou?’. Porque ele vai escrever, mas ele

vai explicar isso também, na hora que ele estiver explicando o que é que explica.”
(ENC13)

Aplicação da estratégia de ligação metálica:

Helem: *Eu estou perguntando por que... se ele não tivesse falado e você tivesse chegado e perguntado assim: E a força de repulsão? Ele podia pensar: ela falou... Eh! Ela existe...*

Coordenadora: Pra não induzir, fazer uma pergunta mais geral.

Helem: *Sim!* (ENC13)

No encontro posterior, ainda discutindo a aplicação da estratégia de ligação metálica, Helem explicitou mais conhecimentos sobre formas de favorecer o desenvolvimento da modelagem pelos estudantes:

“Eu acho que a gente limita demais quando a gente fala de um modelo referência. Parece que tem uma série de pré-requisitos e que ele tem que chegar naquele modelo como um todo. O que eu estou falando aqui é o seguinte: que a gente poderia sentar e pensar em cada situação com que você chega num determinado quesito mesmo que ele não vá chegar com um modelo dele nesse ponto, com o modelo dele explicando tudo, mas que ele saiba explicar... tipo, eu fiz esse modelo esse aqui, vai explicar esse aspecto que você está querendo... mesmo correndo o risco dele explicar só esse fato, não interessa se ele dá conta, mesmo que não seja com o modelo dele e seja com o modelo do outro. É muita ilusão achar que ele, quando eu confrontar ele com todos os grupos, ele vai dar conta. Por isso coloquei essa idéia de relacionar um com o outro, porque você não vai esperar que ele chegue num modelo perfeito...” (ENC14)

“Eu fiquei pensando que depois que eles apresentassem os modelos eles iriam colocar em xeque algumas idéias como aquelas do núcleo cheio de próton, e não falar nada sobre a distância. Então, de repente, identificar isso num dos modelos e fazer os grupos explicarem, um em relação ao outro, essas características. Colocar grupos para discutir entre si, selecionando-os de dois em dois, aqueles que são mais diferentes entre si, para que um modifique a idéia do outro.” (ENC14)

Nos encontros 15 e 16, Helem participou na elaboração do artigo científico sobre a estratégia de ensino elaborada por seu sub-grupo. Seu desempenho nessa etapa reforçou as evidências já apresentadas de seu entendimento sobre o processo de elaboração da estratégia de ensino e suas concepções sobre a relevância da mesma para formação do estudante em ciências.

Na segunda entrevista, a professora Helem explicitou diversos conhecimentos como:

- A importância da modelagem para o ensino em geral e sua relevância para o ensino de ciências:

“Ter consciência de como a ciência se desenvolve, para mim é o aspecto mais importante da elaboração dos modelos. Agora a aprendizagem dos modelos é você conseguir representar e pensar em coisas abstratas através dos modelos; situações que seriam, normalmente, mais difíceis. Isso pensado no modelo pro aluno.” (ENT2)

*“Eu pretendo que o aluno, mais do que entender, mais do que saber diferenciar interação intermolecular de interatômica, que ele consiga perceber a validade do modelo que ele pode elaborar e que isso é um processo essencial dentro da ciência. Se eu tiver esse tipo de ganho, eu me considero satisfeitíssima, muito mais do que se ele diferenciar interação intermolecular de interatômica, porque tendo a noção do todo ele consegue raciocinar para outras situações que não sejam só essa; essa é uma dentro de várias que ele vai poder fazer isso... **Eu** acho que precisava de um trabalho muito mais amplo para desenvolver, realmente, a habilidade de extrapolar, mas eu falei **que ele percebesse que ele pode**³⁴, mas é claro que tem a limitação da situação de ensino que ele vive... Para eu aplicar a primeira coisa que eu acho necessário é achar que sim (que é válido), então por isso eu estou motivada.” (ENT2)*

- A relevância para a formação dos estudantes a partir da percepção sobre a aprendizagem deles:

“Eu não sei... Mas acho que ele vai estar mais motivado, vai aprender a discutir com o colega, ou não, que ele vai ter que parar para pensar, que ele vai ter que pensar de forma mais crítica. Eu acho que basicamente são essas três habilidades.” (ENT2)

Você pensou em discutir modelos e o processo de modelagem antes com os alunos?

“Não! Antes de ir para o processo de modelagem não! Porque eu acho que tem que vivenciar o processo, exatamente por eu achar que foi válido, para mim, vivenciar. E a consciência do processo de modelagem não necessariamente vai fazer o aluno entender o que eu quero que ele entenda. Eu pretendo retomar a idéia do que é um modelo e pra que ele é proposto na ciência – não como atividade, só como discussão.” (ENT2)

³⁴ O negrito representa uma ênfase dada pela professora em sua fala.

- Suas concepções e previsões sobre as dificuldades dos estudantes sobre modelos e modelagem:

“Eu acho que eles vão ter dificuldades nas duas coisas (processo de modelagem e conteúdo). Não depois do processo; aí acho que vai ficar mais claro. Mas ao longo do processo eu acho que as dificuldades vão ser mais vividas, elas estarão mais expostas.” (ENT2)

- Seu entendimento sobre o processo de elaboração da estratégia:

“Encontrar um fenômeno adequado para o tema que a gente queria trabalhar, que não fosse tão complexo e que permitisse ao aluno modelar, essa foi a primeira dificuldade. A segunda, foi estabelecer quais seriam os modelos que os alunos poderiam elaborar. E a terceira foi verificar quais as questões geradoras que a gente teria que fazer para o aluno refletir sobre o modelo ou reformular o modelo dele.” (ENT2)

“Isso é mentira! Falar que o professor domina todo o assunto é uma forma dele não querer buscar. Eu precisei buscar muito menos em comparação com X (tema da monografia), mas eu precisei verificar, por exemplo, o enfoque do livro didático para ver o que aquilo ali poderia reforçar ou não a concepção alternativa do meu aluno. Eu busquei nas respostas dos meus alunos fatores que poderiam estar na minha fala, porque eles, naquela época, já tinham feito atividades sobre interações nos anos passados. Então a gente teve que buscar na literatura de forma a verificar como nossa atividade não iria reforçar esse tipo de concepção alternativa... E eu acho que isso é aprendizagem. E isso vai acontecer com qualquer atividade desse tipo.” (ENT2)

Em sua primeira aula da aplicação da estratégia, Helem explicitou, em duas de suas falas com a turma, entendimentos sobre: (i) a importância de discutir com os alunos a possibilidade de existência de vários modelos para um mesmo alvo e o fato de um modelo não ser único nem definitivo, mas sim coerente com as necessidades; (ii) o papel do professor no processo ao desempenhar bem essa função e (iii) as formas de favorecer as condições para os estudantes desenvolverem a modelagem:

“Eu escutei dizer: ‘Ah! Vamos procurar saber como é a formula do iodo e do grafite no livro, saber como eles são, pra depois a gente responder essas questões’. Eu gostaria que vocês não fizessem isso. Porque qual é o objetivo do próximo passo? Exatamente que a gente faça uma previsão de como que eles estão. Não existe resposta correta! Nós vamos tentar chegar num modelo que explique essa situação. Não necessariamente precisa ser modelo que está lá no livro, entenderam? Então por isso

que não é importante pra nossa atividade que vocês procurarem no livro, é exatamente o contrário que a gente quer.” (A1)

“Gente, não tem uma resposta certa! O que tem é o grupo chegar num consenso depois de discutir uma idéia que vocês considerem como correta. Agora, mesmo se tiver idéias divergentes e vocês quiserem expressar essas idéias separadamente, pode! O que eu não quero é vocês ficarem me esperando passar na carteira pra dar uma resposta correta porque não tem resposta correta! Depende da forma de raciocínio de cada um de vocês.” (A1)

Na segunda aula, ela novamente desempenhou bem seu papel favorecendo a realização da modelagem pelos seus alunos, e explicitou, mais uma vez, sua concepção sobre a relevância do processo na formação do aluno em ciências:

“Depois a gente vai chegar a conclusões, é claro! Mas a principio, o que vocês estão pensando, vocês vão ter que representar e me explicar. Pronto, explicou isso, nós vamos ter outras fases. A gente vai ter outras atividades, são 5. Nessa outra atividade vocês vão ver: ‘Olha, o modelo que eu representei está dando conta de explicar essa situação aqui também?’ Se sim, então tá beleza! Senão, então eu vou ter que reformular, eu vou ter que repensar o meu modelo. Então por isso vocês tem que ter a oportunidade de representar... pra depois me explicar se tá legal ou se não tá!” (A2)

“Um cientista tem que buscar inspiração pra poder criar o seu modelo. Mais que isso, vamos supor que fosse um cientista e que ele estivesse nessa etapa de conhecimento. Ele sabe algo sobre ligação química, algo sobre modelo atômico e ele tem aí esse material em mão. Qual outra certeza que ele teria? A não ser uma série de hipóteses que iria lançar aí. É isso que estou querendo de vocês.”

Aluna: Mas como que a gente vai saber as hipóteses deles?

“Eu acho que todas são possíveis! Essa é minha opinião pessoal.” (A2)

No decorrer dessa aula, um diálogo da professora com um dos grupos evidenciou novamente sua habilidade em conduzir as discussões e favorecer aos alunos a oportunidade de modelar:

A1G2: O modelo do grafite a gente tá em dúvida.

Helem: *Por quê?*

A1G2: Porque se a gente pensar na fórmula estrutural daí dá infinitos... (referindo-se ao fato de o C ter que fazer sempre quatro ligações, então o modelo não teria fim)

Helem: *E qual que é o problema disso?*

A1G2: O problema disso é que a gente não sabe se tá certo.

Helem: *Tem que estar certo? Tem que ter UMA resposta?*

A1G2: Tem que estar coerente?

Helem: *E isso está coerente com o que vocês estão pensando?*

A1G2: Então, depende!

Helem: *Depende de que?*

A1G2: Do ponto de vista.

Helem: *Então, do ponto de vista de vocês está bom?*

G2: Sim!...

Helem: *Isso que é importante. (A2)*

No período entre a segunda e a terceira aula, ocorreu um encontro do grupo colaborativo, no qual Helem foi solicitada a apresentar seus resultados parciais e comentar sobre sua aplicação em geral. Nesse encontro (o décimo sétimo), ela explicitou algumas adaptações que fez na estratégia e sugeriu outras reformulações, baseado-se nas ações e entendimentos de seus alunos:

“... como a gente estava tendo problema com o tempo... o ideal seria que eles fossem lá e pudessem discutir. Mas eles não têm dados pra fazer isso. Eu acho que está rendendo porque eles vão lá na frente e apresentam o modelo deles. Na hora que eles tão apresentando, teve coisas que eu acho que eles não discutiram direito entre o grupo, que no momento que um está falando o outro já interfere e fala ‘não, mas eu não estava pensando isso!’ No momento que eles estão apresentando. Então está sendo válido e está sendo para os outros... porque eles já tão pensando quando o outro está apresentando.” (ENC17)

“... é claro que a pessoa vai ter que tentar adaptar a atividade pra realidade da escola que ela trabalha. Isso é uma coisa que a gente até viveu: você adaptar com os recursos que a escola te oferece, com o tempo que ela te oferece e com a abertura que ela te dá. Não é deixar de fazer, mas é claro, você trabalha dentro de uma realidade, isso tem que ser muito claro! Que depois você vai ter que adaptar certas coisas e que isso vai gerar um gasto de energia maior do que você está acostumado no dia-a-dia. Porque senão fica aquela coisa: ‘Muito legal, é lindo! O meu aluno aprendeu! Aprende. E eu não tenho nenhum trabalho.’ Você tem trabalho sim, mas o trabalho compensa!” (ENC17)

“...E tem que falar assim: ‘façam a previsão, mas não é pra você voltar a apagar a previsão não’, porque eles ficam tentados a voltar e apagar... E, outra coisa, eles viraram a página e estava assim: ‘Teve alguma divergência? Se sim, explique’. Ai eles pensaram assim: ‘se eu responder não eu não vou ter que explicar.’ Eu acho interessante é pedir pra preencher à caneta; e quando vira a página ele quer saber se é

pra explicar em termos de opinião ou de explicação científica? Eu achei que tem que reformular. Eu achei que não está claro!” (ENC17)

Nessa oportunidade, Helem também descreveu algumas situações nas quais atuou bem como condutora do processo e percebeu o retorno de seus alunos. Em alguns desses trechos, a professora também enfatizou o quanto a atividade havia sido válida, inclusive a partir de surpresas que teve com as manifestações dos estudantes:

“Teve um grupo de alunos... esse foi super interessante, porque no dia que eles apresentaram eles falavam assim: ‘A gente foi pra casa e a gente ficou pensando, todo mundo do grupo, e aí a gente voltou e estamos com novas idéias, antes da gente apresentar será que a gente poderia fazer um teste aqui?’ Eu falei: Pode!...” (ENC17)

“Em termos de comentários dos alunos, nessa turma aqui tem um menino que ele é apático. Tipo, na aula, parece que é aquele aluno cenário, nunca participa, você conversa com ele, ele tá sempre viajando. E eu achei legal porque nessa atividade ele falou assim: ‘eu não concordo com a idéia de ninguém’, ao que eu respondi: ‘mas aí você vai ter que produzir, porque você acha, pra você me explicar...’ Aí esse menino foi embora. Depois ele voltou e falou assim pra mim: ‘eu já sei o modelo e quero fazer’... e foi fazer lá no quadro,... aí explicou... aí ele falou comigo assim: ‘ô professora, num momento pra mim assim, sagrado, eu me peguei pensando em química, que eu tava jogando videogame e eu parei assim: como que aquele carbono está?... E eles têm manifestado da forma deles que a experiência tem sido válida. E tem um menino também que é repetente que hoje foi na porta do laboratório quando eu tava fazendo entrevista e falou assim: ‘se eu pudesse, se eu aprendesse química assim todo dia, eu não ia dormir’...” (ENC17)

“Eu não sabia que eles iam falar tanto sobre a atividade, isso pra mim foi uma coisa diferente. Porque a gente não está acostumado a escutar o aluno nesse sentido. A gente tá acostumado a escutar que a atividade que você deu está maçante ou não está maçante, ele entendeu ou não entendeu, se vai cobrar em prova ou se não cobrar em prova. Então, a primeira coisa que me impressionou na atividade, e que eu não sabia que sairia tão naturalmente, são as impressões deles sobre a atividade e procurar compartilhar comigo o tempo todo o que é dificuldade, o que é facilidade no processo!” (ENC17)

“E, quando o professor entra numa atividade dessa, ele tem que ter consciência de que os ganhos são grandes. Mas se ele quiser fazer um processo legal, um processo que realmente vai gerar aprendizagem, ele vai gastar mais do que o tempo que ele convencionalmente está disposto... Eu tenho achado isso e achei interessante ter disponibilizado um tempo maior porque senão nessa altura da atividade eu teria que falar: ‘Não! Mostra seu modelo, fala rapidinho, passa pra outra atividade...’ sem perceber esses ganhos todos, como que ele está pensando, como que ele chega num determinado modelo para conseguir explicar aquilo que a gente quer que ele explique.

(...) Em compensação, eu tenho achado que nenhuma atividade que eu fizesse em sala de aula eu conseguiria esses resultados, com uma atividade convencional não tem jeito!” (ENC17)

“Eu acho que a gente tem que entrar numa atividade dessas tendo claro que, primeiro ela vai valer a pena, porque se você não achar que ela vai valer a pena, você não entra da forma que tem que entrar. Porque poderia ao fazer uma atividade dessa, ir para a sala e passar como se fosse, eu até teria como fazer isso, passar como se fosse uma série de atividades que o aluno vai só preenchendo e preenchendo, fazendo e cumprindo etapas e não discuto, porque em 4 aulas daria pra fazer assim (essa era a previsão inicial para a estratégia de ensino e durou 6 aulas) ... e eu não ia escutar esse tipo de coisa, aí... ou você não faz, porque eu acredito que perder isso tudo... não vale a pena. Eu entro na atividade sabendo eu vou “gastar” um tempo maior, mas eu tenho certeza que vai ter ganho.” (ENC17)

Ainda nesse encontro, a professora destacou a importância dos aspectos considerados na elaboração da estratégia, ao ressaltar os que facilitaram a condução da mesma em sala de aula, demonstrando consciência do seu papel no processo e dos aspectos que auxiliam os alunos a modelar:

“Porque uma das coisas que eu comecei a questionar com o grupo (quando estava elaborando a estratégia), que a gente discutiu aqui, o que eu poderia falar pro aluno quando ele só afastava a ligação e falava: ‘olha não quebrou, mas os átomos se afastaram... porque recebeu calor’... e uma das coisas que a gente discutiu é que poderia perguntar pro aluno: ‘se com esses três átomos ele estava representando a substância toda ou se ele acha que teria mais disso aqui e se tivesse como que estaria?...’ E isso tem sido válido para vários que estão trabalhando com o grafite porque quando eles me mostram só dois átomos de carbono, depois que eu pedi pra eles representarem mais... às vezes eles têm que reformular baseado nisso!” (ENC17)

Na terceira aula, a professora continuou favorecendo as condições para os estudantes executarem bem a modelagem:

Helem: *“Quando o pessoal vem aqui e coloca as questões para vocês, se vocês tiverem uma explicação, se vocês conseguirem formular uma explicação usando seu modelo, vocês vão explicar. Mas você não tem que responder na hora. Você pode sentar e pensar e tentar explicar usando seu modelo. Só que às vezes você vai ver que seu modelo não vai dar conta de explicar. O que você vai fazer com o seu modelo?”*

Alunos: Reformular!

Helem: *“Reformular! Fazer um novo modelo pra tentar explicar. Então, essas questões... são pra vocês pensarem.” (A3)*

Nas duas aulas seguintes, Helem manteve o bom desempenho no processo, ouvindo e questionando seus alunos de modo a conduzi-los a realizar experimentos mentais para testar seus modelos. Além disso, ela solicitou a eles, tanto durante as discussões nos grupos quanto na apresentação dos modelos, que explicassem os códigos de representação que estavam usando.

Na última aula (sexta), a atuação da professora corroborou as evidências de suas concepções sobre a existência de vários modelos para uma mesma entidade e sobre a relevância da modelagem para o ensino de ciências. Além disso, manifestações dos estudantes deram indícios da aprendizagem deles através do processo:

Helem: *“A questão não é se o modelo dela está certo ou está errado! Mas se ele dá conta ou não dá conta! (...) Se você especifica sua idéia, você torna seu modelo mais válido ou mais inválido?”*

Turma: Mais válido!

Helem: *“Então, é isso que eu estou querendo aqui que a gente entre em um consenso de que não existe uma única idéia, mas desde que você explique bem aquela idéia, desde que ela dê conta de explicar o fenômeno, ela não é a única possível...”* (A6)

A2G3: Eu nunca tive idéia do que realmente um cientista passou pra chegar nesse modelo. É muita suposição, e quase nunca a gente tinha muita certeza de nada, assim. (...) Pelo menos, a base que a gente teve aqui. Pra gente que não tem muita tecnologia, foi suposição, pra eles não eu sei, às vezes não é!

Helem: *“O meu objetivo com essas atividades, um deles, era que vocês chegassem a essas idéias. Cientistas não saem de casa com uma bolsinha e falam: ‘hoje eu vou descobrir’ e começam a descobrir. Ele faz altas experiências e faz altas investigações... ele parte do processo que vocês estavam vivenciando aqui.”* (A6)

“A idéia pelo menos de que nenhum modelo vai conseguir explicar absolutamente tudo ficou dessa atividade? Porque se isso tiver ficado, pra mim foi um ganho enorme. Outra coisa: ficou aquela idéia de que a química não tem certeza absolutamente... certeza daquele jeito que vocês falam ‘é isso e pronto bate o martelo e ninguém pode falar mais nada, ficou essa idéia a partir desse processo?’” (Os alunos responderam positivamente) (A6)

No décimo nono encontro, a professora apresentou ao grupo colaborativo os resultados finais de sua aplicação. Nessa etapa, ela comentou vários momentos já citados na descrição das aulas, demonstrando que não apenas para esta pesquisa,

mas, para a própria professora, esses momentos foram relevantes. Selecionando alguns trechos do relato de Helem que ainda não foram enfatizados podemos pontuar que:

- a professora desempenhou bem seu papel ao permitir que os alunos discutissem sem interferir em certos momentos e identificou aprendizagem deles através dessas oportunidades:

“... e aí veio a explicação do grafite que elas falaram de moléculas. Logo depois delas veio outro grupo que apresentou essa rede de carbonos e eu achei legal,... um grupo foi interagindo com o outro com relação ao modelo deles; que na hora que eles fizeram essa rede sobram átomos, nas extremidades, de carbono que não tava estável porque não tinha feito as 4 ligações igual elas falaram,... e aí o grupo das meninas que tinha estabilizado com 4 logo perguntou prá eles como é que vocês justificam essa questão?”

Coordenadora: Aconteceu muito isso de um grupo questionar o outro?

“O tempo todo, enquanto eles estão apresentando ali! Aí entra a polêmica da cor; aí é que eles começam a debater mesmo a dificuldade que apareceu no final dessa aula (...) essa prá mim, foi assim... o grande desafio foi a questão da cor.” (ENC19)

“Um dos meninos dessa sala que participou... (isso ocorreu em um outro momento depois da aplicação) tinha um menino lá na sala que estava com uma dúvida. Aí ele falou assim: ‘Posso falar em parábola prá ele entender?’ E era analogia (risos). Aí ele tava explicando a atração do núcleo e do elétron (...) aí conversando entre eles, o menino entendeu e ele também. Eu achei interessante porque até então nenhuma situação como essa tinha aparecido, e eu comecei a ficar mais atenta depois que a turma passou por isso. E eu achei muito interessante (...) eles nunca tiveram a intenção de explicar prá um colega quando o professor está lá na frente. Se ele está com dúvida, o professor que explica né?!” (ENC19)

- a professora buscou adaptar uma das atividades que gerou dúvidas entre os alunos, através da qual ela demonstrou um entendimento das dificuldades deles, além do reconhecimento da validade de não dar respostas prontas sem argumentos e justificativas favorecendo a aprendizagem dos estudantes:

“Eu não considero que tenha sido, a princípio, uma dificuldade não, a questão da cor. Ela se tornou uma dificuldade porque aquilo ali tava impedindo os meninos de seguir na atividade... Foi problema a explicação que eu passei prá eles em relação ao iodo, ao teste do iodo, porque a forma como eu falei não deu a entender que aquilo era um teste. Eu falei que uma das formas da gente identificar iodo – eu não falei iodo na forma I_2 ... é testar esse iodo na presença de amido, se o iodo estiver presente em

contato com o amido ele vai ficar azul. Eu teria que ter falado prá eles nesse momento que se o iodo, na forma I_2 , estivesse presente... é, eu falei a substância iodo... e o essencial era falar na forma I_2 (...).Tiveram duas interpretações para isso que eu falei: uma que se tivesse saindo I ficaria azul e outra que teria que ficar azul e não que aquilo ali era um teste". (ENC19)

"A questão de pedir que eles façam a leitura é que eles saem interpretando um monte de coisa que você não descobre que eles realmente estavam pensando daquele jeito. A partir do momento que você fala, lá na frente, eles ficam te chamando... Eu só percebi que tava dando divergência porque a partir do momento que eu falei aquilo ali, eles começaram a falar, mas você falou que tinha que dá azul e não está dando azul. Se você manda ler, eles estavam interpretando do mesmo jeito. Parece que tem uma certa parte da informação que eles estavam ignorando. ... eles começaram até a ficar nervosos porque eles acharam que a gente queria que eles enxergassem azul, mas prá eles era roxo." (ENC19)

"Como essa prá mim foi a grande dificuldade, (...) eu cheguei em casa e pensei o que eu vou fazer? Acessei a internet e imprimi o espectro e levei no início da aula seguinte; e achei um site que falava que a percepção da cor azul prá gente, ela é limitadíssima. Além de sobrepor na escala de cores a gente tem limitação visual, eu falei pra eles." (ENC19)

"Outra coisa que eu achei que ajudou demais..., eu peguei um pão e peguei iodo e dissolvi em álcool. Aí eu falei assim: 'olha gente, eu estou pegando a substância iodo e estou dissolvendo em álcool, aqui tem iodo, a gente tem certeza que tem a substância iodo, I_2 . E pão todo mundo sabe que tem amido, não sabe?' Peguei o pão e mergulhei no iodo...e ele ficou da mesma cor do cotonete que eles estavam tirando. Aí isso foi super importante pra discutir com eles o seguinte: que aquele roxo, que eles estavam chamando de roxo (...) na verdade era a mesma cor que tava dando positivo para o amido. Mesmo assim eu tive que passar de bancada em bancada explicando o que eu estava fazendo." (ENC19)

- a professora chegou a algumas conclusões sobre a aprendizagem de seus alunos:

"Depois eu discuti com eles o modelo científico e o que o modelo científico conseguia explicar o que o deles não explicava. E essas meninas, dos átomos separados, elas chegaram à conclusão de que o modelo delas explicava absolutamente tudo, só que elas mudaram as palavras que elas falavam que eles estavam próximos e atraídos, mas não chamavam de ligação. O grupo das meninas do grafite moléculas chegou à conclusão que se fosse moléculas mesmo, o grafite teria que ter fundido uma certa hora. Então essa daí foi uma coisa que, na sala de aula, eu fiz questão de fazer como discussão, ao invés de só apresentar. Depois de apresentar, eu voltei ao modelo deles. E eles foram pro laboratório de informática depois, e eu fiz questão de voltar na interação de novo, e eu pedi prá eles apresentarem lá o modelo ao qual eles chegaram

no final da atividade, e, se eles quisessem, colocar a observação o que o modelo deles explica que o científico não explica ou o que o modelo científico explica e o deles é limitado... Eu achei interessante porque foi uma coisa que eles fizeram quase 3 semanas depois da atividade e fizeram avaliação; e mais ou menos uma média de 90% diferenciou interação interatômica de intermolecular.” (ENC19)

Nos três encontros seguintes, foram poucas as manifestações da professora, não chegando a evidenciar novos aspectos sobre seu PCK.

No vigésimo terceiro encontro, ela demonstrou a consolidação de alguns de seus conhecimentos sobre o processo de modelagem, orientando a professora Carla que iria iniciar a aplicação da estratégia de interações em sua sala de aula:

“... quando eles estão elaborando é que você tem que sentar, escutar e perguntar. Isso é o mais interessante.” (ENC23)

“São duas aulas ao todo, para elaborar e discutir. Nessas duas, assim, não sei como é que vai acontecer com você, mas comigo teve uma parte de discussão que eu achei que foi maior do que a apresentação, que eles ficaram me chamando todo hora.” (ENC23)

Na entrevista 3, os relatos da professora corroboraram e reforçaram os aspectos descritos até aqui. Devido a isso, as evidências podem ser apresentadas em alguns tópicos com breves comentários sobre os conhecimentos aos quais se referem:

- Habilidade da professora em conduzir atividades de modelagem no ensino, inclusive transferindo aspectos do processo para outros contextos:

“As perguntas que eles faziam de um grupo pro outro, muita coisa eu aproveitava. Falava: ‘E com relação à pergunta que fulano fez pra ciclano, como é que vocês responderiam isso?’ Na discussão eu achei que isso ficou mais rico.” (ENT3)

“Agora me veio à cabeça um momento que eu achei rico, que não foi uma coisa premeditada, mas, o fato de ter deixado dentro do próprio grupo ter divergências de modelos eu achei que ficou muito mais rico. Porque o grupo preocupava em discutir com outros grupos, mas em especial dentro do próprio grupo tinha discussões muito interessantes.” (ENT3)

“Bom, as atividades de laboratório para começar já são bem diferentes, mesmo essas que já vêm com a receita pronta, eu abro mais para discussão ali. Dentro da sala de aula os meninos têm trocas entre eles que eu achei que foi influência da atividade. Eu

preocupo estimular mais esse tipo de coisa (se refere às discussões entre os alunos) porque não é da natureza deles, é da natureza receber aquilo pronto, mas isso aí tem sido uma preocupação minha estimular.”

Você achava que você só dava respostas?

“Eu tinha certeza. Eu tive certeza que eu só dava respostas dentro de sala de aula. Dentro de sala isso foi uma coisa que eu tive que me policiar o tempo inteiro da atividade. Eu falei que eu não ia fornecer uma resposta que eles não tivessem que pensar, que com a minha resposta ele iria usar ali e pronto... a resposta sem questionamento eu não vou dar, agora podem me chamar que a gente vai discutir. Eu acho que até por isso, pra me testar, as meninas de um grupo ficavam em chamando para perguntar se tava certo ou errado.”

Em que foi diferente de sua prática rotineira?

“Não é a mesma coisa que a minha prática normal, não no sentido de dar atenção, que isso aí eu tento me desdobrar, nem na minha relação com os alunos. A influência que eu acho que teve mesmo é o fato de que no contexto da escola a gente não tem tantos meninos conversando tanto tempo daquele jeito. A minha relação com eles ficou um pouco mais estressada do que ela já é... mas isso nas primeiras aulas. Depois eu senti que era uma coisa que podia fluir, que ia ter barulho, que os meninos iam conversar entre si, e procurei controlar mesmo no momento em que os grupos apresentavam.”
(ENT3)

- Reconhecimento do valor da estratégia no ensino:

Tempo gasto nas discussões: *“Normalmente não é assim, muito tempo. Isso foi da estratégia. Com relação à extensão da estratégia em si, dentro desse contexto que vivo, isso é algo que tem que ser controlado. Eu não acho que foi extensa. Eu acho que foi bem planejada para um número de aulas e que era um conteúdo que depois me poupou muito pra frente. Com relação ao conteúdo, hoje eles estão no segundo ano e é muito fácil trabalhar com as três turmas de primeiro ano que participaram da aplicação, principalmente porque tem uma série de conceitos que a gente vai em interação. É algo para se pensar dentro da dinâmica do que você pretende. Pra mim, é muito importante que a pessoa tenha claro o que ela quer trabalhar e qual é a realidade em que ela vai trabalhar. Por exemplo, a estratégia de ligação iônica na minha realidade é inviável, mas acredito que uma série de coisas são viáveis só que mereceria uma adaptação para minha realidade. Essa adaptação não implica em cortar as aulas de discussão, porque eu acho que elas são as mais ricas. Eu não sei dizer dentro daquele contexto, qual é o tanto de aula que eu gastaria para discutir, mas eu não questiono, é muito válido. Acho que o tempo necessário.”* (ENT3)

O que foi mais significativo em todo processo: *“Eu vou voltar naquilo que eu considero que para mim é o maior ganho de estar no grupo colaborativo, as discussões. Sabe! O mesmo ganho que hoje eu só tenho a dimensão de perceber que isso é importante, eu acho, pro meu aluno, pelo ganho que eu tive no grupo colaborativo. O fato da gente sentar e ter divergências de ponto de vista para mim é um ganho enorme. Não é ponto*

de vista pessoal. Eu estou falando ponto de vista em termos até de conteúdo, porque na medida que você busca e você está preocupada em trabalhar aquilo ali... e isso era uma realidade que a gente vivia constantemente. Então eu percebo que estimular isso para os meninos foi o maior ganho da atividade de modelagem na prática, foi estimular essas discussões. Porque a gente fica interessado em responder alguma coisa aqui e de repente você não está dando conta, mas que tem uma pessoa ali te demandando, e outra pessoa a mesma coisa. Quando ninguém não sabe responder você busca em conjunto, então isso pra mim é o maior ganho.” (ENT3)

- Identificação das dificuldades e facilidades dos estudantes:

O que foi mais difícil ou mais fácil em termos da modelagem: “Eu acho que eles não tiveram dificuldades, e sim, mais ansiedade. Assim, e agora o que eu vou fazer? Mas uma coisa que me deixou segura com a ansiedade deles é que eles voltavam com perguntas, então eles não estavam buscando por outras fontes chegar numa resposta pronta e acabou. Acho que eles entenderam que teriam que buscar o suporte deles mesmos. Então eles chegaram à idéia de que teve reação química. Eu acho que se tivessem buscado, eles jamais iriam propor um negócio desses... E na atividade final, que eles tinham que fazer uma análise crítica da atividade uma aluna falou: ‘O que eu achei mais difícil foi nunca ter certeza de nada. A gente tem que ficar lidando com o monte de hipóteses, um monte de suposições. Isso para mim foi o mais difícil. Acho que discutir com o grupo foi legal, buscar um consenso foi legal. ’ Então isso pra mim foi o maior retorno.” (ENT3)

O que foi mais difícil ou mais fácil em termos da aprendizagem do conteúdo: “Aquilo que eu falei que eu acho que foi o maior ganho que é ter a noção da magnitude da interação. Mas aí é pelo conjunto todo que ele viveu na modelagem. Isso foi o mais difícil e que se tornou mais fácil com a modelagem. Ele não tinha a menor noção..., mas no decorrer da modelagem eles chegaram a ter essa idéia. Então isso pra mim foi o mais difícil, porque eu apostava que 100% pensou que foi ruptura $I - I$ e que depois 100% chegou na idéia de separação de $I_2 - I_2$.” (ENT3)

- Percepção do entendimento e da aprendizagem dos estudantes:

Episódio que chamou atenção: “Vê aqueles dois grupos depois da apresentação continuar aquela discussão, que foram dois grupos que falaram da cor. Não tanto pela resposta correta não, mas pelo nível de argumentação que eles estavam usando entre si. Então eu achei muito interessante porque isso não é uma oportunidade que a gente dá na sala de aula. Então o importante ali não era o que iria sair de resposta científica, e isso foi uma coisa que me chamou muito a atenção, mas o fato de, com a abertura que você pode dar pra esses meninos, pode sair muita coisa, muita coisa interessante que você não tem acesso também. Então eu acho que escutar eles discutindo com um embasamento teórico também de coisas que a gente viu dentro de sala de aula, me deu satisfação de ver que os meninos assim, estavam usando conhecimentos anteriores, mesmo que não da forma mais correta, mas pra poder tentar explicar

aquilo ali. Nesse momento, alias, eu nem pensei: ah que legal eles estão usando conhecimentos anteriores. Eu pensei realmente que o que era interessante era a discussão... e ser criativo! Porque saiu muita coisa ali que eu não esperava... numa outra situação de ensino, eu não ia ter acesso a esse tipo de discussão. Hoje eu aproveito muita coisa dessa discussão... às vezes passa muita coisa batida porque você não sabe pensar da maneira que o aluno está pensando. Mas hoje, depois de ter visto os meninos discutindo, você já pensa pelo menos que ele pode estar com aquela idéia. Quando você pergunta, às vezes você vê que é. Então eu acho que você só tem acesso a esse tipo de idéia naquele momento de discussão. Isso pra mim foi um dos maiores ganhos.” (ENT3)

“O tópico eles aprenderam, mas mais que o tópico, aquela idéia que a gente trabalha de ter noção de como a ciência é construída, eu acho que se ele chegou a um consenso ou não chegou, se ele formulou um modelo legal, se dá conta de explicar ou não, isso é inerente à modelagem. Para além disso, o que fica mesmo é a construção da ciência.”

Você acha que isso influencia na aprendizagem?

“Claro. Eu acho que o fato deles analisarem criticamente as coisas é uma consequência dessa visão da ciência. E acredito que aprenderam essa idéia baseado nos depoimentos do final... onde era para eles falarem os pontos que eram válidos, os que tinham a criticar, e eu encontrei essa manifestação na maioria dos grupos, sem eu ter falado nada de construção da ciência, de como o conhecimento é construído. Isso de passar a tentar explicar as coisas é um processo que retornou várias vezes em sala de aula e retorna até hoje.” (ENT3)

“Só falar não adianta; porque senão, os meus alunos ao final do ano, de todos os anos que eu já dei aula, chegariam para mim e me passariam essa mensagem. Não só em termos de respostas, em termos de exercícios, provas, mas nas conversas que a gente tem. Eles fariam de alguma forma que me desse a entender essa visão global da ciência, mas eles não falam absolutamente nada. E eu acho que foi diferente na questão da modelagem, por isso eu acredito que pra desenvolver essa idéia; no ensino tradicional eu acho impossível.” (ENT3)

Reflexões da professora ao longo e sobre o processo vivenciado

Em diversos momentos nas duas entrevistas com a professora Helem e no encontro 17, ela explicitou concepções e avaliações sobre o processo vivenciado. Sendo assim, essa seção apresenta esses relatos, que foram utilizados como referenciais para a análise deste estudo de caso.

Inicialmente, ao ser questionada sobre o desenvolvimento de seus conhecimentos sobre modelagem, Helem, referindo-se ao processo vivenciado no grupo da modelagem do Suflair®, respondeu:

“Vivenciar a elaboração foi quando eu tomei a consciência verdadeiramente do que era aquele processo, quando eu participei da atividade... Porque na elaboração foi interessante, mas eu estava novamente pensando em aspectos teóricos. Então a partir do momento que eu vivenciei com o grupo aqui a elaboração, aí eu entendi vários propósitos do diagrama sim.”

Então você acha que aprendeu mais participando?

“Sim! Isso não quer dizer que eu não soubesse os passos teóricos, mas que não é a mesma coisa vivenciar o processo.” (ENT2)

Ainda avaliando essa atividade, Helem acrescentou:

“Para os outros professores, eu acho que contribuiu no sentido de fornecer uma visualização da atividade, um entendimento dela como um todo. Mas em compensação, pecou no fato da bagagem teórica que eu acho que deveria ter sido enfocada depois da prática, no caso deles, porque era diferente da situação que eu estava vivendo, porque eu tive que aprender para depois participar da elaboração. Fazendo o outro papel, para o professor que está em contato pela primeira vez, vivenciar é importantíssimo porque ele acompanha o passo a passo, mas também reconhecer cada etapa que ele passou em relação ao diagrama. Isso também seria interessante e foi uma coisa que eu achei que faltou.”

Mas teve um encontro no qual foi discutido o diagrama, não teve?

“Sim! O que a gente detectou que faltou nos últimos encontros foi o contato de forma direcional, tipo: essa etapa que a gente vivenciou corresponde a essa etapa do diagrama... isso eu acho que ele ia fazer uma ligação mais forte, uma consciência melhor do processo.” (ENT2)

Em relação à experiência de elaborar pela primeira vez uma estratégia de modelagem para o ensino, Helem destacou que:

Ajudou de alguma forma?

“Acho que sim. Até pra me policiar eu tinha que está consciente de por que eu estava me policiando.”

E se você só recebesse um material explicativo?

“Eu não teria a mesma dimensão. A dimensão! Que isso aí iria influenciar tudo, tudo! Eu ia ficar mais insegura por não ter a dimensão do todo. Isso não quer dizer que não seja possível fazer. O que eu estou falando é que o fato de elaborar te faz ter a

dimensão de onde você quer chegar, mas uma dimensão muito concreta. E hoje se eu pegar outra não terei problema.” (ENT3)

Coordenadora: Ter pensado, ter previsto os modelos que eles podiam pensar, tem ajudado a discutir as coisas?

Helem: *E como! Em especial essa de quebrar ligação iodo-iodo... Quando a gente foi discutir pra elaborar a atividade, quando a gente pensou que eles iam colocar o grafite como uma bolota só e perguntar pra que é aquilo, porque às vezes realmente aquela bolona é várias bolinhas juntas...*

Coordenadora: É macro que ele está fazendo né?

Helem: *É! Prevê isso daqui pra mim foi o que me orientou na atividade. (ENC17)*

Durante esses relatos, em momento algum a professora manifestou ter-se sentido como especialista dentro de seu subgrupo. Ao contrário, comentou muitas vezes sobre sua aprendizagem no processo e, sobre o fato de tê-lo desenvolvido em colaboração com outros professores:

“Foi excelente! Eu achei assim... isso faz toda a diferença. Primeiro porque você aprende a respeitar a opinião do seu colega e a discutir. Segundo, porque ela é muito mais rica, então a troca de experiência com as pessoas do grupo não limitou as coisas dentro da minha sala de aula. E outro ponto, ela não é direcionada por uma fonte só de dados, o fato de você ter outras pessoas, você tem outras fontes de dados.” (ENT2)

Ela também avaliou o seu conhecimento sobre modelagem depois dessa etapa de elaboração:

Você acha que já entende plenamente o processo?

“Ainda não! Eu acho que você não vai entender tudo. Você vai entender boa parte, vai entender cada vez mais... Mas o que me acrescentou demais foi a elaboração da estratégia de ensino. Eu acho que me acrescentou mais ainda, não estou falando com isso que as outras partes seriam desnecessárias, todas são necessárias, mas acho que pra fundamentar mais ainda aquilo..., o meu entendimento sobre o processo de modelagem foi a elaboração do processo. Porque aí, nesse momento, tanto eu quanto a Carla e as outras pessoas do grupo, a gente teve que focar bem no diagrama e no pensamento do aluno, e em como a gente ia conciliar vários fatores ao mesmo tempo, e tomando como base as etapas do diagrama.” (ENT2)

O momento seguinte vivenciado pela professora dentro grupo colaborativo foi a elaboração do artigo sobre a estratégia de modelagem. Embora já tivesse vivido a

experiência de elaborar artigos científicos em outras circunstâncias, Helem ressaltou que:

“Foi diferente porque aqui eu tive que transpor mais ou menos o processo vivenciado, porque na verdade eu não apliquei ainda, então eu tive que explicar para um gama de professores que vão ler o artigo, como essa estratégia foi elaborada, além de pensar nas possíveis implicações que isso pode ter para o ensino, que eu e o grupo acreditamos que tem.” (ENT2)

Ela também descreveu suas sensações ao transformar um planejamento de aula em artigo científico³⁵:

“Pra começar, eu começo a questionar meus planos de aula... e a sensação de poder contribuir, em primeiro lugar; porque eu vivo uma inércia, uma situação de ensino de apatia completa dos professores, e eu não estou falando com isso que eu tenho alguma coisa de melhor... Então eu sinto que quando você escreve uma coisa dessa, é uma forma de alertar o professor de que existem outras possibilidades que podem fazer o aluno aprender e é isso que interessa, pelo menos, à grande maioria... Então a sensação que eu tenho de escrever isso é de contribuir.” (ENT2)

Em relação à sua aplicação das atividades da estratégia de interações, a professora expressou surpresa e satisfação em termos do retorno e participação de seus alunos:

“Mas é empolgante. E ver o retorno deles é ainda mais empolgante, porque você não está nem perguntando,... eles estão por livre e espontânea vontade falando. Porque eu acho que quando você pergunta, eles acham assim: ‘ Nossa! Coitada, né! Deixa eu falar que foi bom...’. ” (ENC17)

“Outra coisa que não esperava é, eu esperava que fossem sair discussões, esperava que fosse ter envolvimento, mas eu acho que o envolvimento dos alunos nos grupos superou as minhas expectativas.” (ENC17)

Influenciada por esses resultados, Helem fez as seguintes considerações sobre o processo de ensino:

³⁵ Essa questão, que foi levantada para ambas as professoras que participaram dessa pesquisa, teve como intuito confrontar uma dicotomia cotidiana que existe entre esse dois produtos, principalmente em relação ao status que é dado ao segundo e ao primeiro não.

“Eu não esperava também que eu fosse gastar mais aulas! Mais do que eu previa. E, quando o professor entra numa atividade dessa, ele tem que ter consciência de que os ganhos são grandes. Mas se ele quiser fazer um processo legal, um processo que realmente vai gerar aprendizagem, ele vai gastar mais do que o tempo que ele convencionalmente está disposto... porque às vezes não é só o empecilho da escola, às vezes você não tem a disposição pra liberar aquele tempo... então pra ele disponibilizar isso ele tem que achar que a atividade é muito válida. E eu tenho achado isso e achei interessante ter disponibilizado um tempo maior porque senão nessa altura da atividade eu teria que falar: ‘Não! Mostra seu modelo, fala rapidinho, passa pra outra atividade...’ sem perceber esses ganhos todos, como que ele está pensando, como ele vai chegar num determinado modelo para conseguir explicar aquilo que a gente quer que ele explique. Então, isso daí foi uma coisa que eu não esperava. Em compensação eu tenho achado que nenhuma atividade que eu fizesse em sala de aula eu conseguiria esses resultados, com uma atividade convencional não tem jeito!” (ENC17)

“Eu acho que a gente tem que entrar numa atividade dessas tendo claro que, primeiro que ela vai valer a pena, porque se você não achar que ela vai valer a pena você não entra da forma que tem que entrar. Porque eu poderia, ao fazer uma atividade dessa, ir para a sala e passar como se fosse... – eu até teria como fazer isso – passar como se fosse uma série de atividades que o aluno vai só preenchendo e preenchendo, fazendo e cumprindo etapas sem discutir. Porque em 4 aulas daria pra fazer assim (essa era a previsão inicial dela e durou 6 aulas) ... e eu não ia escutar esse tipo de coisa, aí... Ou você não faz, porque acredita que perder esse tempo não vale a pena, ou entra na atividade sabendo vai “gastar” um tempo maior, mas tendo certeza que vai ter ganho.” (ENC17)

“E ao mesmo tempo, é claro que a pessoa vai ter que tentar adaptar a atividade pra realidade da escola que ela trabalha, porque isso é uma coisa que a gente até viveu, você adaptar com os recursos que a escola vai te oferecer, com o tempo que ela vai te oferecer e com a abertura que ela vai te dar. Não é deixar de fazer, mas é claro, você trabalha dentro de uma realidade, isso tem que ser muito claro! Que depois você vai ter que adaptar certas coisas e que isso vai gerar um gasto de energia maior do que você está acostumado no dia-a-dia. Porque senão fica aquela coisa muito ‘é legal, é lindo! O meu aluno aprendeu! Ele aprende. E eu não tenho nenhum trabalho.’ Você tem trabalho, mas o trabalho compensa!” (ENC17)

Só falar pro professor adianta? Ou ele tem que viver como ele viveu?

“Não adianta. É... a grande limitação de qualquer estratégia de ensino, em minha opinião, é o professor ver que aquilo ali, dentro da realidade dele, é aplicável. Eu acho que tem mais chances de ter contribuições (se o professor vivenciar o processo). Uma coisa que eu considero que poderia ter tido mais adesão é a clareza que o professor tinha que ter tido do processo como um todo. Eu achei que faltou ter essa idéia global porque isso é diferente para quem tá lá, tá mexendo, e pro professor que está chegando e que não sabe onde aquilo vai dar. Se ele entender que isso é uma estratégia que não tem resultado em curto prazo... porque isso às vezes não passa a idéia para ele. Aí ele não investe e desiste rápido. Mas eu acho que é a forma de

acessar o professor e fazer ele pôr a mão na massa. Só que antes de mais nada você tem que mostrar para ele que aquilo é viável.” (ENT3)

Comentando sobre alguns desafios vivenciados por ela na aplicação da estratégia, Helem destacou a importância do suporte dado pelo grupo:

“Quando teve a polêmica da cor, não teve reunião do grupo... aí eu liguei para Rosária, porque não ia ter encontro do grupo antes, e perguntei como a gente poderia amenizar isso. Ela falou assim: ‘tenta levar outras alternativas’. E a questão da cor fui eu procurando o negócio do olho, eu perguntei para outras pessoas... Então esse negócio do suporte técnico por trás foi algo muito importante. Agora as questões que eu levei, que deu tempo de levar pro grupo, eu sei que teve uma coisa que eu discuti que foi importantíssima. Super importante ter esse suporte.” (ENT3)

E, finalmente, a professora fez considerações sobre o que o processo de formação representou para sua prática docente e quais os momentos ela julgava mais relevantes:

“O suporte foi importantíssimo, uma série de coisas que se você não tem, um livro não vai te dar, e a discussão com a prática de outros professores... é claro que você vai pesquisar sim, porque eu tive que pesquisar durante a atividade. É uma coisa que eu acho até muito interessante, mas o grupo é importante, ele tem que estar entrosado, integrado para isso acontecer. E a auto-reflexão, se você vai aplicar a atividade e não tiver auto-reflexão, então não precisava ter aplicado. Então eu não consigo desvincular. Eu acho que são as três coisas que tornam o processo importante.” (ENT3)

“É difícil caracterizar porque são muitos momentos que você vai vivendo ao longo da estratégia, mas o primeiro grande momento que eu lembro foi um grupo em que as meninas me chamavam, elas eram um grupo que elas até se selecionaram porque têm notas muito altas, estavam sempre acostumadas a discutir..., então elas me chamaram toda hora pra me perguntar qual era a resposta certa. Isso foi uma coisa que começou a me dar um monte de idéias, quer dizer que eu estou sempre fornecendo uma coisa que pro menino é certo e pronto. E quando teve também a questão de que por mais que eu falasse, aquilo me deixou até nervosa. Por mais que eu falasse que se fosse I₂ iria aparecer a cor azul, mesmo se eu colocasse o ‘se’, o ‘se’ condicional, o menino entende que eu falei com ‘se’, mas se eu falei, é verdade. Eu falei: ‘então vai ficar azul’. Então aquilo, e assistindo os dvds agora, eu tive mais nítido mesmo que foi unânime, e uma coisa só é unânime se for verdade para o grupo inteiro, que se você fala, mesmo que você coloque hipótese, se o professor falou, acabou!” (ENT3)

O que você aprendeu de significativo?

“Eu não consigo identificar isso foi o mais legal. O fato de ter sentado, discutido, trabalhado – professor de química não trabalha em grupo, cada um elabora

individualmente e se ele tem dúvida, ele discute a dúvida dele naquele ponto – então eu acho que esse pode ter sido um grande ganho: o trabalho em grupo. Mas é uma coisa que eu não aprendi só no trabalho de modelagem (na aplicação em sala), porque assim, se eu fosse eleger o principal, acho que ali o grande ganho não foi nem trabalhar em grupo, essas discussões que a gente fez na elaboração foi um ganho muito grande, não só no grupo (se refere aos professores envolvidos com ela na elaboração da estratégia) que estava montado, mas no grupão (se refere a todos os participantes do projeto) também. E em relação à aplicação foi lidar com essas coisas que é fora do conteúdo da sala de aula. Aí isso eu posso dizer que foi o maior ganho que eu tive, fora todos esses em termos da cognição dos meninos, do que eu achei interessante da prática de ensino, foi lidar com essa situação muito diferente...”

... de não dar a resposta e fazer perguntas...

“Isso!” (ENT3)

Reflexões da professora sobre ela mesma como professora e sobre sua prática

Como foi enfatizado no início desse estudo de caso, esse tópico apresenta uma caracterização da prática da professora Helem e de seu perfil profissional segundo sua própria visão. Suas concepções sobre esses aspectos foram demonstradas nos momentos em que ela refletia sobre o processo vivenciado nas entrevistas 2 e 3.

Na segunda entrevista, Helem relatou uma de suas reflexões sobre sua prática após ter elaborado o artigo sobre a estratégia de ensino:

“Pra começar, eu começo a questionar meus planos de aula... porque, na minha realidade, eu vivo uma inércia, uma situação de ensino de apatia completa dos professores. E eu não estou falando com isso que eu tenho alguma coisa de melhor... então a sensação que eu tenho de escrever isso é de contribuir.”

Por que você começou a rever seus planos de aula?

“Porque eles não têm nada disso, absolutamente nada disso. Eles são planos estritamente tradicionais. Você pega um conteúdo para distribuir seu tempo de aula e depois você vai e dá uma atividade para você ver até que ponto você ficou falando na cabeça do menino, que ele aprendeu... então isso não vai de encontro com essa atividade. E eu começo a rever porque no fundo, acho que isso não gera aprendizagem.” (ENT2)

Ao responder uma questão sobre a aplicação da estratégia, a professora explicitou concepções sobre salas de aula, o que demonstrou um pouco de seu perfil como professora:

Você se sente segura para aplicar a estratégia de ensino?

“Não. Segurança no sentido que eu estou entendendo e é só chegar e sentir domínio, pelo fato da sala de aula ser uma caixinha de surpresa, eu até evito me sentir segura. Porque, o fato de eu me sentir segura demais, eu acho que pode restringir as minhas observações. É exatamente o fato de eu ir mais apreensiva e contar com o elemento surpresa que vai me fazer voltar e pensar um pouco mais na situação e avaliar o que é melhor ou pior. Que segurança, eu acho, não sei, mas pra mim trás a idéia de comodidade. Se eu chegasse na sala de aula segura da atividade que eu vou aplicar, sei tudo e vou contornar todas as situações..., primeiro que eu sei que isso não vai acontecer..., eu estou me preparando para contornar o máximo que eu puder, mas eu tenho certeza que vão ter várias que eu não vou conseguir, mas isso não impede a minha empolgação e a minha vontade de aplicar, e também não interfere na validade da atividade.” (ENT2)

Ao avaliar as contribuições da participação no grupo colaborativo para sua prática docente, o relato da professora indicou novas características que estavam surgindo em sua prática e uma conscientização de alguns aspectos:

“O mínimo de contribuição que poderia ter me dado até agora (se o grupo não continuasse) é eu pensar que nem tudo que eu falo o aluno está aprendendo e começar a prestar mais atenção no que o aluno está aprendendo e no que eu estou falando. Perguntar para o aluno também o que ele está aprendendo, o que ele está entendendo das coisas. Eu comecei a focar mais isso também... Antes eu deixava para avaliar isso na avaliação, agora eu pergunto mais.” (ENT2)

No início da entrevista 3, a reflexão de Helem sobre sua prática foi promovida pelas próprias questões levantadas:

Qual você considera que é o papel da ciência no ensino?

“Eu nunca parei para pensar isso ainda. Mas acho que o papel da ciência é fazer as pessoas enxergarem as coisas de maneira diferente. Isso é o que eu estou falando pra mim, então eu considero que possa ser também importante para uma pessoa que está aprendendo ciências como eu estou aprendendo! É você fugir daquela maneira de enxergar as coisas de todos os dias; do costume de focar um determinado tipo de visão que pra você é o único que existe, e quando você estuda ciências eu acho que esse campo se transforma. Eu não falo que ele abre, mas se transforma. Você consegue começar a desenvolver outras capacidades que você não teria. Eu estou falando que pra mim, a principal habilidade que você desenvolve, e por isso eu considero tão importante tanto aprender quanto ensinar ciências, é desenvolver essa maneira diferente de olhar para as coisas.”

E você consegue passar isso através de sua prática de ensino?

“No dia a dia eu acho mais complicado! Eu acho que se você me perguntasse se através do conteúdo eu consigo passar essa visão, eu acho que não. Eu sempre me coloco na situação de aluno quando você me faz essas perguntas, porque eu também me acho na situação de aluno hoje, e quando eu estudei química... como no meu ensino não teve esse enfoque, eu acredito que o ensino convencional, o que não mudou em muita coisa, e é o que hoje eu pratico, não tem jeito! Essa idéia não. Agora com as atividades que a gente foi desenvolvendo, eu vi que existem outras vias; a de modelagem, eu acredito que aquilo ali é uma maneira de mostrar isso para o aluno sem precisar falar com ele: ‘Oh, é assim!’ Porque isso e nada pro aluno é a mesma coisa. Agora quando você faz ele se envolver no processo... igual na atividade que a gente planejou e viu como os meninos foram desenvolvendo as idéias, então foi um processo que a gente acompanhou, eles te dão esse retorno sem precisar você passar essa mensagem. O que eu acho que a questão da modelagem acrescentou é que hoje, mesmo sabendo que estou inserida no ensino tradicional, eu procuro estratégias, que não são só as de modelagem. Hoje quando eu vou ensinar para a 8ª série, e isso é um retorno que só depois que teve a elaboração e a aplicação que eu comecei a parar para poder questionar, o que é que eu posso fazer pra acrescentar dentro de todo esse contexto que eu vivo, que me cerca de certas formas que não me deixa trabalhar da forma mais ampla, mais criativa, o que dentro dessa limitação eu posso fazer? Então eu não acredito que eu esteja no auge, mas acredito que hoje, eu mesma procuro mais alternativas para poder inserir isso de uma forma que não seja só aquela assim: ensina, aí faz prova, ensina...”

E antes você achava que não era possível?

“Eu nunca pensei! Por isso é que eu estou te falando que com a atividade de modelagem, prá mim serviu também assim... ela me despertou para isso dentro do ensino. É claro que essas visões que eu estou te falando aqui que eu acho que no ensino de ciências é fundamental, isso foi uma construção, é claro que foram vários fatores que me fizeram passar a pensar assim; agora a atividade, ela me abriu a possibilidade de ver que dentro de um ensino tradicional, dentro da minha realidade, eu posso criar alternativas que facilitam que essa idéia seja passada ou que os meninos entendam isso melhor.” (ENT3)

“Ah, eu gostaria de esclarecer que quando eu falo ‘realidade’, quero dizer que sou realista dentro da realidade que eu trabalho; isso não quer dizer ideal de ensino e aprendizagem. Porque fica parecendo que eu acho que a atividade de modelagem tem que se enquadrar numa situação de ensino dessa. Pelo contrário, eu acho que essa situação de ensino teria que mudar. Enquanto não muda, como você teria brechas para incluir isso e fazer ser melhor, e provar para as pessoas que têm outras possibilidades. Porque eu não acho que é a ferro e fogo que a gente consegue mudar uma situação. Acho que isso vai muito do professor, da iniciativa, do que ele espera do ensino. Eu acho que a escola influencia. Muito, aliás, influencia muito. Mas ela não consegue influenciar um professor que está disposto, influenciar a ponto dele não fazer nada. Ela vai restringir o seu trabalho, mas você tem que também... não tem jeito de não pensar no contexto da escola.” (ENT3)

Em um segundo momento da entrevista, Helem explicitou uma reflexão sobre outros aspectos de sua prática e suas características como professora:

Você sentiu diferenças entre sua prática e a aplicação da estratégia?

“Eu senti. Eu estou falando em relação ao que aquilo ali mexeu comigo! Eu comecei a analisar as minhas aulas anteriores por causa disso. Agora, ali, no momento em que eu estava aplicando, totalmente diferente, até pelo contexto de estar mais tempo no laboratório. Esse era um retorno que eles davam sempre, que eles achavam interessante por causa disso. E eu achei que foi diferente à medida que o menino falava e eu tinha que perguntar toda hora tudo e não falar pra eles o que era, foi um trabalho que eu tive que fazer desde as primeiras perguntas. Isso é uma diferença muito grande porque o menino fala na aula, ele te pergunta e você responde, ele te pergunta e você responde, e lá não.” (ENT3)

“Outra coisa, em relação a eles... eu estava mais estressada no começo, pelo fato de eu estar com os meninos no laboratório muito livres, muito dispersos e isso não ser um contexto comum. Porque na aula prática lá é assim: você chega, você lê com o menino o roteiro, você explica o que ele não pode fazer e eles trabalham sozinhos. Então nesse momento eles discutem com os colegas do grupo, mas não têm a liberdade de discutir com outro grupo.” (ENT3)

“Quando eu assisti os dvds eu vi mais significados em algumas coisas. Eu entendi porque eu estava tão estressada nesse momento que eu falei... porque normalmente quando eles falam alguma coisa que eu não concordo muito, eu vou discutir com eles mas não me leva àquela situação de estresse que eu fiquei. Eu senti que eu estava estressada porque eu estava querendo passar uma hipótese e de alguma forma eles não entendiam que era uma hipótese (o teste do iodo).”

Você achava que você só dava respostas?

“Eu tinha certeza. Eu tive certeza que eu só dava respostas dentro de sala de aula. Dentro de sala isso foi uma coisa que eu tive que me policiar o tempo inteiro da atividade. Eu falei que eu não ia fornecer uma resposta que eles não tivessem que pensar, que com a minha resposta ele iria usar ali e pronto... a resposta sem questionamento eu não vou dar, agora podem me chamar que a gente vai discutir. Eu acho que até por isso, pra me testar, as meninas de um grupo ficavam em chamando para perguntar se estava certo ou errado.” (ENT3)

Tendo a professora expressado muitas reflexões sobre sua prática e pontuado algumas mudanças em função disso, ela foi questionada sobre como descreveria sua prática atual:

“Desde que eu entrei, eu era totalmente influenciada pelo contexto. Não acho que mudou só agora. A insatisfação de ver meus meninos naquele ponto assim, e aí, o que

eu vou fazer com isso? Aquilo era muito interessante para mim que estava falando, mas para eles era um tédio. Isso... eu sempre fui preocupada: se aquilo que eu estou falando, além dos meninos estarem entendendo, se é realmente interessante. Não é transformar o negócio em um conteúdo prático, com um monte de exemplos cotidianos e também não falar do embasamento científico. Mas deixar de ser interessante, totalmente desinteressante, eu não consigo trabalhar assim. Aquilo me fez ficar muito insatisfeita com o meu trabalho. Foi quando eu comecei a buscar.” (ENT3)

“Eu não descarto a prática de sala de aula, a prática que eu tenho hoje, mesmo fora da atividade de modelagem, tipo assim, ‘então só a atividade de modelagem me dá subsídio pra poder fazer alguma coisa de interessante com os meus alunos, ou só a atividade de modelagem pode realmente levar o menino à aprendizagem’. Não! Eu não acredito nisso! Eu acredito que ela é um suporte, é algo que você pode fazer as coisas serem mais interessantes e fazer um aprendizado mais efetivo. Agora, uma coisa que eu acho que facilita muito é a relação que eu tenho dentro de sala de aula com o aluno.” (ENT3)

Finalmente, a professora enfatizou mais um aspecto que o processo de formação vivenciado representou para sua carreira docente:

“O professor não pergunta um pro outro, porque na medida em que ele pergunta – e isso é uma realidade – o outro professor ridiculariza, porque dentro da própria matéria existe a concepção que professor tem de professor de que ele tem que saber tudo, e que é um absurdo não saber. E isso a gente sente na escola, e eu já passei por isso, ao passo que lá no grupo (colaborativo) isso pra mim é um grande ganho. E eu não estou falando que eu tinha essa idéia sabe, porque eu sempre fui muito de perguntar e eu sofro muito com isso, em ter que chegar e perguntar, isso me inibe um pouco. Pela forma que a pessoa me dá retorno, às vezes, eu não pergunto mais. Então o fato de você ter essa liberdade lá dentro do grupo te faz voltar e falar assim, eu vou perguntar independente de as pessoas acharem que é ridículo ou que não é, se elas vão me responder ou não, e achar que isso era minha obrigação saber. Então você tem uma facilidade maior de entrar em discussões com os professores como um todo. Então pra mim foi o maior ganho. Eu tenho a liberdade de perguntar mais pra algumas pessoas que pra outras, mas hoje eu não deixo de perguntar para essas outras.” (ENT3)

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS DA PROFESSORA HELEM

Baseados no estudo de caso descrito, os quadros de análise (elaborados a partir dos mesmos pressupostos usados na elaboração dos quadros da outra professora) são apresentados a seguir, com as devidas considerações e discussões dos aspectos mais relevantes.

<u>Idéias sobre modelos</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Compreensão (antes do início)	Conhecimentos declarativo e condicional	1.1) Natureza	✓ Os modelos possuem limitações. ✓ Modelo é uma representação parcial. ✓ Pode existir mais de um modelo para uma mesma entidade.
		1.2) Entidades	✓ Entidades abstratas podem ser modeladas. ✓ Idéias, objetos e fenômenos podem ser modelados.
		1.3) Uso	✓ Os modelos servem para explicar algo. ✓ Facilitar a visualização de coisas abstratas.
		1.4) Estabilidade	✓ Os modelos evoluem com o tempo. ✓ Podem ser reformulados e não são definitivos.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC2)	Conhecimento condicional	1.3) Uso	✓ Serve para fazer previsões.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC3)	Conhecimento declarativo	1.1) Natureza	✓ As analogias são modelos e como tais possuem limitações.
Transformação: Instrução, Colaboração e <u>Pesquisa-ação</u> (elaboração da estratégia)	Reflexão para a Ação Conhecimento procedimental	1.2) Entidade	✓ Processos podem ser modelados.

Quadro 12: Síntese dos dados sobre o Conhecimento de Conteúdo da Professora Helem sobre modelos.

<u>Idéias sobre modelos</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Conhecimentos declarativo e condicional	1.2) Entidade	✓ Coisas abstratas, aquilo que não se consegue visualizar, podem ser modeladas.
		1.3) Uso	✓ Expressar, pensar e visualizar coisas abstratas, e fazer associações.
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos declarativo e procedimental	1.1) Natureza	✓ Não existe um modelo certo, único. ✓ Os modelos precisam ser coerentes àquilo que se quer explicar, o que implica na possibilidade de existência de mais de um modelo para um mesmo alvo.
		1.2) Entidades	✓ Idéias e fenômenos podem ser modelados.
		1.3) Uso	✓ Explicar uma dada situação, idéia ou fenômeno.
		1.4) Estabilidade	✓ Quando um modelo não consegue explicar algo, falha em algum teste, ele precisa ser reformulado. ✓ Modelo não é algo estático que depois de construído não muda mais, fica definitivo. ✓ Quanto mais explicativo for um modelo, maior sua validade.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática	Reflexão sobre a Ação Conhecimento declarativo	1.1) Natureza	✓ Existência e validade de vários modelos para uma mesma entidade.

Quadro 12: Síntese dos dados sobre o Conhecimento de Conteúdo da Professora Helem sobre modelos (continuação).

<u>Idéias sobre processo de modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Transformação: Instrução e Colaboração (reflexão sobre resultados da pesquisa-ação dos colegas)	Reflexão a partir da Instrução Conhecimento condicional	2.1) Objetivos	✓ É importante que o estudante compreenda o que um dado modelo explica ou não.
Transformação: Instrução, Colaboração e <u>Pesquisa-ação</u> (elaboração da estratégia)	Reflexão para a Ação Conhecimento procedimental	2.2) Passos a serem seguidos	✓ Selecionar fenômenos simples para serem modelados. ✓ Promover testes mentais dos modelos para reformulação. ✓ Propor testes empíricos. ✓ Possibilitar discussões entre os pares e socializações dos modelos. ✓ Promover elaboração de um modelo consensual. ✓ Considerar abrangência e limitação dos modelos.
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos declarativo e condicional	2.1) Objetivos	✓ Desenvolver a consciência de como a ciência se desenvolve.
		2.2) Passos a serem seguidos	✓ Criar e reformular modelos.
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos procedimental e condicional	2.1) Objetivos	✓ Favorecer a reformulação de modelos a partir de testes.

Quadro 13: Síntese dos dados sobre o Conhecimento de Conteúdo da Professora Helem sobre modelagem.

<u>Idéias sobre processo de modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos procedimental e condicional	2.2) Passos a serem seguidos	✓ Um cientista tem que buscar inspiração e informações em seus conhecimentos prévios para criar seu modelo; ele propõe várias hipóteses. ✓ Um modelo é elaborado, testado e, se falhar, reformulado. ✓ Os modelos devem ser socializados, submetidos à avaliação de outros. ✓ Ao serem levantadas questões, os modelos devem ser usados para respondê-las após uma reflexão; se o modelo não for capaz de responder a questão, ele deve ser reformulado. ✓ Busca de consenso, da elaboração de um modelo consensual, a partir de discussões de idéias iniciais.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação	2.1) Objetivos	✓ Os alunos se conscientizam de como o conhecimento científico é construído.
	Conhecimento procedimental	2.2) Passos a serem seguidos	✓ Reformulação do modelo quando necessário. ✓ Elaboração de um modelo consensual. ✓ Considerar as limitações do modelo.

Quadro 13: Síntese dos dados sobre o Conhecimento de Conteúdo da Professora Helem sobre modelagem (continuação).

Discutindo as idéias expressas pela professora Helem sobre seu conhecimento de conteúdo, resumidas nos quadros 12 e 13, podemos enfatizar que, inicialmente, ela já possuía um bom conhecimento sobre a natureza dos modelos e as entidades que poderiam ser modeladas, como foi interpretado através de sua monografia. Os dados seguintes, as observações durante o processo, apenas corroboraram essa interpretação inicial. Em termos do uso e estabilidade dos modelos, a professora passou a expressá-los com mais detalhes, mas demonstrou também que já os entendia bem no início do processo.

No que se refere às idéias sobre modelagem, no decorrer do processo, principalmente após refletir sobre os resultados das aplicações dos colegas, sua participação na elaboração da estratégia de ensino e aplicação da mesma, a professora passou a visualizar a dimensão do processo como um todo e a perceber seu potencial para conscientizar o aluno de como o conhecimento científico se desenvolve. Através dessas etapas, incluindo ainda o planejamento de uma atividade de modelagem para o grupo colaborativo e a participação ativa também na realização desta, Helem demonstrou ter modificado seus conhecimentos sobre os passos para o desenvolvimento de um processo de modelagem tanto na dimensão teórica, quanto na dimensão prática.

Nesse sentido, para o desenvolvimento do conhecimento de conteúdo da professora, especialmente em relação ao processo de modelagem, as vivências desse processo, tanto na instrução quanto na pesquisa-ação, parecem ter sido aspectos-chave para desencadear uma reflexão que gerou novos conhecimentos.

Uma confirmação do desenvolvimento desse conhecimento pode ser observada a partir da análise do PCK da professora – apresentada a seguir – pois, como apontado no estudo de caso anterior e na literatura (Shulman, 1986; Park & Oliver, 2008), o PCK é, dentre outras coisas, um reflexo de um conhecimento de conteúdo bem estruturado e consolidado.

<u>Idéias sobre inserção de Modelos e Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Compreensão (antes do início)	Conhecimento condicional	3.2) Relevância para o Ensino de Ciências	✓ Os modelos de ensino têm o importante papel de simplificar os modelos produzidos pelos cientistas ajudando os alunos a aprender ciências.
		3.3) Momento adequado	✓ Uma analogia pode ser apresentada após uma breve apresentação do modelo curricular para evitar o surgimento de concepções alternativas. ✓ Uma analogia deve ser usada apenas quando necessária, quando favorecer a compreensão pelo aluno sobre algo.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC3)	Conhecimento condicional	3.3) Momento adequado	✓ Os modelos de ensino são uma ponte entre os estudantes e os modelos curriculares, devendo ser usados quando necessário, quando eles puderem favorecer a aprendizagem.
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Reflexão a partir da Instrução	3.1) Validade/ Importância no Ensino	✓ Através da modelagem o aluno pode desenvolver a habilidade de raciocinar para outras situações, extrapolar um conhecimento, acreditando em si mesmo, em sua capacidade.
	Conhecimento condicional	3.2) Relevância para o Ensino de Ciências	✓ A modelagem permite ao aluno aprender não só o conteúdo químico, mas também a perceber a validade do modelo que ele pode elaborar e a relevância disso dentro da ciência. ✓ O estudante passa a ter consciência de como a ciência se desenvolve.

Quadro 14: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Currículo de Ciências em relação a modelos e modelagem.

<u>Idéias sobre inserção de Modelos e Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimento procedimental e condicional	3.2) Relevância para o Ensino de Ciências	✓ Permite ao aluno vivenciar o processo científico e dessa forma aprender sobre ele. ✓ Perceber que a ciência não é um processo de adivinhação, mas um processo que envolve idéias, investigações, experiências e hipóteses. ✓ Entender a química como uma ciência baseada em modelos e, como tal, corresponde a um conhecimento não definitivo, mas em constante evolução.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimento condicional	3.1) Validade/ Importância no Ensino	✓ Capacidade de analisar criticamente as coisas. ✓ Os alunos podem desenvolver a habilidade de pensar autonomamente e buscar, por si mesmos, explicações para as coisas.
		3.2) Relevância para o Ensino de Ciências	✓ O estudante desenvolve uma visão da ciência e sobre como o conhecimento na ciência é construído.
		3.3) Momento adequado	✓ Existem os momentos adequados para se usar uma atividade de modelagem; em outros é possível, suficiente e/ou necessário fazer adaptações aos contextos de ensino.

Quadro 14: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Currículo de Ciências em relação a modelos e modelagem (continuação).

<u>Uso de Modelos no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Compreensão (antes do início)	Reflexão na Instrução Conhecimentos declarativo e condicional	4.3) Discussão dos vários códigos de representações e suas limitações	✓ A professora considera importante discutir com os estudantes os pontos negativos, positivos e as limitações de uma analogia para que ele a utilize e interprete criticamente. ✓ A professora considera que um modelo tem que ser bem discutido em sala de aula para que o estudante o compreenda bem.
Transformação: Instrução e Colaboração (ENC2)	Reflexão na Instrução Conhecimentos declarativo e condicional	4.2) Discussão dos vários códigos de representações e suas limitações	✓ As analogias, como qualquer modelo, possuem limitações e é importante, ao introduzir uma, ressaltar esses aspectos para não promover concepções alternativas.
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos declarativo, procedimental e condicional	4.1) A existência de vários modelos	✓ Ao saber que não existe um modelo certo, único, o aluno atribui mais valor ao seu próprio modelo. ✓ Os modelos precisam ser coerentes àquilo que se quer explicar, o que implica na possibilidade do estudante poder criar seu próprio modelo, pois pode existir de mais de um modelo para um mesmo alvo.
		4.2) Discussão dos vários códigos de representações e suas limitações	✓ A professora questionou e discutiu com os estudantes os códigos de representação, demonstrando reconhecer que a interpretação desses códigos está associada ao entendimento do modelo pelo aluno.

Quadro 15: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: uso de modelos.

<u>Elaboração de Estratégias de Modelagem para o Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Transformação: Instrução, Colaboração e <u>Pesquisa-ação</u> (elaboração da estratégia)	Reflexão para a Ação Conhecimentos procedimental e condicional	5.1) Elaboração	✓ Seleção de um fenômeno simples para ser modelado. ✓ Verificação na literatura e discussão com os colegas de grupo sobre as concepções alternativas dos alunos. ✓ Previsão dos modelos que poderiam ser elaborados pelos estudantes. ✓ Elaboração de questões geradoras para favorecer discussões e testes mentais sobre dos modelos. ✓ Proposição de testes empíricos. ✓ Previsão de discussões e apresentações dos modelos na sala de aula. ✓ Elaboração de um modelo consensual. ✓ Pontuação das limitações e abrangências dos modelos.
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Reflexão para a Ação Conhecimento procedimental	5.1) Elaboração	✓ Busca na literatura sobre as concepções alternativas dos alunos sobre o tema. ✓ Verificação do enfoque do livro didático analisando se este reforçava as concepções alternativas ou não. ✓ Busca, através da fala de seus próprios alunos, de aspectos que poderiam estar associado ao ensino conduzido por ela (sua fala em sala de aula).

Quadro 16: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: estratégias de modelagem.

<u>Elaboração de Estratégias de Modelagem para o Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Reflexão para a Ação Conhecimentos procedimental e condicional	5.1) Elaboração	✓ Conciliar vários fatores ao mesmo tempo considerando o diagrama e o pensamento do aluno. ✓ Foi difícil (i) encontrar um fenômeno adequado que permitisse ao aluno modelar, (ii) prever os modelos que eles poderiam elaborar e (iii) pensar nas questões geradoras para favorecer a reflexão dos alunos sobre os modelos e a reformulação quando necessária.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática (ENC17)	Reflexão sobre a Ação Conhecimento condicional	5.1) Elaboração	✓ Depois da segunda aula, a professora discutiu sobre a validade das questões elaboradas para as atividades. ✓ Ela propôs uma adaptação da estratégia a partir do que percebeu ser necessário durante aplicação em suas turmas. ✓ A professora ressaltou a validade das previsões, confirmando na prática a importância dessa etapa na elaboração da estratégia de ensino.

Quadro 16: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: estratégias de modelagem.

Iniciando a discussão dos dados do PCK da professora pela análise no quadro 14, temos que ela apresentava, desde o início, uma concepção formada sobre a relevância e a adequação de modelos no ensino. Contudo, foi nítida a evolução de seus conhecimentos sobre a importância e a validade da modelagem tanto para a formação geral quanto para a formação científica dos estudantes. Para que o desenvolvimento do PCK da professora em relação a esse aspecto ocorresse, refletir sobre a instrução colaborativa foi muito importante, principalmente em função das aplicações e resultados dos colegas. A realização da pesquisa-ação parece ter favorecido no sentido de corroborar suas percepções anteriores, consolidando-as.

O PCK de Helem no que se refere ao uso de modelos no ensino, quadro 15, demonstrou ter sido ampliado a partir do processo de formação vivido por ela. Podemos observar que, inicialmente, Helem demonstrou um conhecimento mais teórico, baseado nas questões discutidas no grupo colaborativo. No entanto, a aplicação da estratégia e as reflexões da professora nesse processo favoreceram um entendimento em termos da prática. Ela passou a reconhecer a importância de os estudantes compreenderem a existência de vários modelos, os significados dos códigos de representação e as limitações dos modelos para que eles acreditassem em sua própria capacidade de modelar e propor novos modelos.

Por outro lado, o quadro 16 evidencia o desenvolvimento do PCK da professora em relação à elaboração de estratégias de modelagem no ensino. Ele revela que a vivência da elaboração e aplicação da estratégia, ou seja, a realização da pesquisa-ação, e as reflexões da professora sobre essas etapas foram momentos ímpares para o desenvolvimento do PCK da mesma sobre estratégias de modelagem. Ao analisar o processo vivenciado, como descrito no estudo de caso, Helem reconhece isso, demonstrando, sobretudo, seu crescimento consciente devido às reflexões sobre essa formação.

<u>Condução de Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Transformação: Instrução e Colaboração (reflexão sobre resultados da pesquisa-ação dos colegas: ENC13)	Reflexão na Instrução	6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes	✓ O professor não deve induzir os alunos a uma resposta.
	Conhecimentos procedimental e condicional	6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem	✓ O professor deve questionar o aluno para que ele expresse sua idéia claramente. ✓ A professora acha importante questionar os estudantes para que eles expliquem verbalmente, além de explicações escritas, como são e como seus modelos explicam certos questionamentos.
Transformação: Instrução e Colaboração (reflexão sobre resultados da pesquisa-ação dos colegas: ENC14)	Reflexão na Instrução	6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes	✓ A discussão entre os estudantes não deve ser limitada pelo professor.
	Conhecimentos procedimental e condicional	6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem	✓ A professora acha importante que os estudantes comparem seus modelos, questionando uns aos outros sobre até que ponto cada um explica aquilo que se espera, para que eles consigam reformular os seus ou mesmo reconhecer as limitações.

Quadro 17: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: atividades de modelagem.

<u>Condução de Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos procedimental e condicional	6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes	✓ A professora incentivou os alunos a discutir suas idéias para construírem um modelo consensual e, ao mesmo tempo, motivou a expressão e apresentação distinta de idéias divergentes dentro de um mesmo grupo.
		6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem	✓ Solicitou que os estudantes não buscassem respostas prontas nos livros, e sim, que apresentassem suas próprias idéias. ✓ Enfatizou para os alunos que não existia uma resposta correta, mas modelos coerentes, estimulando-os a apresentar suas propostas consensuais e/ou individuais. ✓ Explicitou para os alunos as fases do processo visando diminuir a ansiedade deles e motivá-los a participar. ✓ Enfatizou, em suas discussões com os grupos, a validade de mais de um modelo e a importância da coerência do modelo com o que se quer explicar. ✓ Estimulou os alunos a buscar, através de seus modelos, respostas para os questionamentos dos colegas. ✓ Questionou os alunos conduzindo-os a experimentos mentais. ✓ Favoreceu que, na apresentação de seus modelos, os alunos explicitassem e explicassem os códigos de representação.

Quadro 17: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: atividades de modelagem (continuação).

<u>Condução de Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática (ENC17)	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos condicional e procedimental	6.2) Adaptações para diferentes contextos	✓ A professora considera importante que outros professores saibam que o uso da estratégia em uma dada realidade exige adaptações em termos de recursos, tempo, e que isso demanda um esforço deles, mas que isso é válido porque a estratégia é válida. ✓ Ela sugeriu reformulações na estratégia diante das ações dos alunos.
		6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem	✓ A professora permitiu que os estudantes refizessem testes quando solicitavam para conferir alguma nova hipótese do grupo. ✓ Ela permitiu divergências individuais, estimulando que um aluno, mesmo que sozinho, elaborasse o modelo que ele considerasse como coerente e bom. ✓ Ela favoreceu as discussões dos alunos e se surpreendeu com o retorno deles. ✓ Ela considerou importante disponibilizar um tempo maior que o convencional para trabalhar com esse tipo de estratégia porque os ganhos são muito grandes, mas somente serão alcançados se as atividades forem desenvolvidas cada uma ao seu tempo. ✓ As previsões dos modelos que poderiam ser elaborados pelos alunos, e as questões geradoras pensadas no momento da elaboração da estratégia estavam sendo válidas e promovendo os resultados desejados durante as etapas de reformulações dos modelos.

Quadro 17: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: atividades de modelagem (continuação).

<u>Condução de Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática (ENC19)	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos procedimental e condicional	6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes	✓ A professora permitiu aos alunos interagir entre si quando necessário, sem a sua interferência. ✓ Para concluir a atividade, ela discutiu com os estudantes o modelo científico, comparando-o com os modelos deles. ✓ Ela buscou, fora da sala de aula, materiais que pudessem ajudar a sanar dúvidas que surgiram durante o processo de modelagem. ✓ Ela não forneceu respostas prontas para os alunos. ✓ Ela adaptou um dos testes para facilitar o entendimento dos alunos.
		6.2) Adaptações para diferentes contextos	✓ A professora fez uma discussão com cada grupo inicialmente para reduzir um pouco o tempo da apresentação posterior das idéias do grupo para turma.
		6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem	✓ A professora favoreceu conscientemente que os estudantes criassem seus próprios modelos solicitando aos mesmos que não consultassem livros didáticos.
Transformação: Instrução e Colaboração	Reflexão sobre a/para a Ação Conhecimento procedimental	6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes	✓ A professora relatou que quando os alunos estão elaborando o modelo é papel do professor sentar, escutar e perguntar.

Quadro 17: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: atividades de modelagem (continuação).

<u>Condução de Atividades de Modelagem no Ensino</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimento condicional	6.1) Papel do professor nas discussões dos modelos com os estudantes	✓ Questionar os estudantes e não dar respostas prontas. ✓ Deixar os alunos discutirem e favorecer/promover/estimular as discussões é muito importante para a aprendizagem dos alunos.
	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos procedimental e condicional	6.2) Adaptações para diferentes contextos	✓ Para ela, quando uma estratégia for inviável para sua realidade, existe uma série de fatores que podem e merecem ser adaptados para a mesma. ✓ Ela passou a questionar o que poderia fazer dentro de sua realidade para promover um ensino mais criativo e dinâmico, semelhante ao processo de modelagem; ✓ Ela modificou sua fala em sala de aula, eliminando aspectos que percebeu como negativos durante a aplicação e análise da estratégia de modelagem. ✓ Ela mudou suas aulas práticas, inserindo nas mesmas um período para os alunos discutirem entre si e um caráter mais investigativo.
	Reflexão sobre a Ação Conhecimento procedimental	6.3) Favorecimento de condições para os estudantes executarem a modelagem	✓ Ela utilizou as perguntas que um grupo fazia para o outro para favorecer que os estudantes pensassem sobre seus modelos e/ou reformulassem; ✓ Ela considerou muito válido ter permitido que dentro de um mesmo grupo houvesse divergências e elaboração de mais de um modelo diferente. ✓ Ela baseou-se nas conversas e discussões entre os grupos, para lançar questões geradoras que favorecessem aos alunos refletir sobre alguma dúvida recorrente.

Quadro 17: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Estratégias Instrucionais: atividades de modelagem (continuação).

A discussão dos dados do quadro 17 nos remete, inicialmente, a uma ênfase sobre dois aspectos. Primeiro, a professora não havia tido nenhum contato com modelagem na prática antes de sua aplicação da estratégia na pesquisa-ação e, segundo, ela expressou amplamente seu conhecimento sobre a condução de estratégias de modelagem no ensino nas três dimensões: declarativo, procedimental e condicional. Isso implica dizer que o PCK da professora Helem, associado ao conhecimento da modelagem como uma estratégia instrucional, foi construído e desenvolvido durante o processo de formação. Tal processo parece ter sido favorecido principalmente pela própria metodologia deste processo, uma vez que os dados demonstram uma relevância semelhante da instrução colaborativa e da pesquisa-ação.

Durante todas as etapas desse processo, a professora explicitou suas reflexões a respeito de diversos aspectos ocorridos em suas aulas, fator este que parece ter contribuído para que, associado a outros conhecimentos que foram desenvolvidos (como os que já foram analisados), Helem demonstrasse um conhecimento conceitual sobre a condução de estratégias de modelagem, sabendo o que fazer, por que fazer e como fazer.

É importante ressaltar que quando abordamos a análise do conhecimento de conteúdo da professora, esse conhecimento em si (segundo as definições das categorias no capítulo de metodologia) está associado essencialmente a um conhecimento declarativo, *saber o que*, e, às vezes, a um *saber quando* (conhecimento condicional). Por outro lado, o PCK está fortemente associado a um saber de natureza condicional – *saber quando e/ou por que* – e, principalmente, procedimental – *saber como*. A categoria 6 (condução de atividades de modelagem no ensino) pode ser considerada como a mais representativa desse *saber como* e, ao demonstrar esse conhecimento procedimental de modo consciente, contemplando os outros dois saberes, os dados da professora corroboraram as análises anteriores e revelaram um PCK sobre modelos e modelagem bem desenvolvido e consolidado em vários aspectos.

<u>Idéias sobre o Entendimento dos Estudantes sobre Modelos e Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Compreensão (antes do início)	Conhecimento declarativo	7.1) Relevância	✓ É importante discutir os pré-requisitos para introduzir um modelo aos alunos, pois as idéias prévias deles são importantes no processo de aprendizagem.
Transformação: Instrução, Colaboração e <u>Pesquisa-ação</u> (elaboração da estratégia)	Reflexão para a Ação Conhecimento declarativo	7.2) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelos	✓ Os estudantes têm muita dificuldade em diferenciar as intensidades das interações inter e intramoleculares. ✓ Os alunos interpretam algumas características abstratas dos modelos como algo concreto.
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Reflexão para a Ação Conhecimentos declarativo e condicional	7.1) Relevância	✓ A professora considerou importante saber o que o estudante está pensando e/ou compreende sobre uma explicação para favorecer a aprendizagem, pois nem tudo que se fala ele aprende.
		7.2) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelos	✓ O uso de modelos torna mais fácil para o aluno pensar em entidades abstratas e representá-las.
		7.3) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelagem	✓ Os alunos poderão ter dificuldade com o aprofundamento do conteúdo e com o processo de modelagem no início, e suas dúvidas estarão mais expostas.

Quadro 18: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento do Entendimento dos Estudantes.

<u>Idéias sobre o Entendimento dos Estudantes sobre Modelos e Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática (ENC19)	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos declarativo e condicional	7.1) Relevância	✓ Percebendo que muitas vezes os alunos não interpretam um enunciado corretamente, a professora ressaltou a importância de checar o que os alunos estão pensando para dar sequência à atividade.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimento condicional	7.1) Relevância	✓ Conhecer as idéias, o entendimento e as dúvidas dos estudantes ampliou as possibilidades de intervenções da professora, ajudando na formulação de questões geradoras pertinentes. ✓ A professora considerou muito importante que o aluno possa expressar suas idéias, pois isso enriquece a aprendizagem. ✓ A professora ficou surpresa diante de algumas discussões entre os alunos pelo nível de argumentação que ela não imaginava que eles tivessem.
	Reflexão sobre a Ação	7.2) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelos	✓ Compreender as diferenças entre as magnitudes de uma interação era o mais difícil que se tornou mais fácil com a construção dos modelos.
	Conhecimento declarativo	7.3) Aspectos mais fáceis e mais difíceis sobre modelagem	✓ O mais difícil no processo de modelagem foi nunca ter certeza de nada, o que gerou muita ansiedade entre os alunos. ✓ O mais fácil foi gerar hipóteses, o que foi empolgante para os alunos.

Quadro 18: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento do Entendimento dos Estudantes (continuação).

<u>Idéias sobre o Desenvolvimento e Avaliação dos Estudantes sobre/a partir da Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Reflexão: sobre o processo até ENC16	Reflexão a partir da Instrução Conhecimentos declarativo e procedimental	8.1) Aprendizagem do estudante	✓ O estudante vai ficar mais motivado com a atividade, vai aprender a discutir com o colega, a parar para pensar e pensar mais criticamente. ✓ Os estudantes aprendem sobre modelos e como o conhecimento científico é construído quando eles vivenciam a modelagem. ✓ A professora acreditava que seus alunos se engajariam que aprenderiam muito com a atividade.
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos declarativo e procedimental	8.1) Aprendizagem do estudante	✓ A professora teve evidências sobre a aprendizagem dos alunos em termos do processo de construção da ciência. ✓ A professora verificou o entendimento dos alunos sobre a natureza parcial e provisória dos modelos.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática (ENC17)	Reflexão sobre a Ação Conhecimento declarativo	8.1) Aprendizagem do estudante	✓ A professora comentou sobre um aluno pouco participativo que se engajou na atividade e propôs seu próprio modelo e sobre outro que manifestou muita satisfação em aprender química daquela forma. ✓ A professora reconheceu a aprendizagem dos estudantes através das manifestações e empolgações deles com a disciplina. ✓ A professora declarou acreditar na ocorrência de aprendizagem dos estudantes a partir das atividades de modelagem.

Quadro 19: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Avaliações da Aprendizagem dos Estudantes.

<u>Idéias sobre o Desenvolvimento e Avaliação dos Estudantes sobre/a partir da Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Categoria	Evidências
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática (ENC19)	Reflexão sobre a Ação Conhecimento procedimental	8.1) Aprendizagem do estudante	✓ A professora identificou conhecimentos prévios e aprendizagem dos alunos durante as discussões e comparações dos modelos. ✓ Os estudantes aprenderam a discutir entre si e a buscar respostas sem ajuda. ✓ Os materiais extras levados pela professora e as adaptações feitas em uma das práticas favoreceram o entendimento e a aprendizagem dos estudantes. ✓ A professora identificou a aprendizagem dos alunos sobre características de modelos ao discutir com eles o modelo científico comparando-o aos modelos que haviam sido elaborados anteriormente.
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos declarativo e condicional	8.1) Aprendizagem do estudante	✓ Os alunos podem desenvolver a habilidade de pensar autonomamente e buscar, por si mesmos, explicações para as coisas. ✓ Os alunos aprendem mais por terem oportunidades de expressar suas idéias e discuti-las. ✓ Os alunos aprenderam sobre o tópico químico e sobre o processo de construção da ciência, segundo a concepção da professora. ✓ Ela considerou que os alunos desenvolveram uma visão da ciência e, como consequência, aprenderam a analisar criticamente as coisas. ✓ Em termos da aprendizagem do conteúdo, eles passaram a ter noção da magnitude das interações entre átomos e moléculas. ✓ Para ela, o maior ganho para os alunos foi aprender a discutir as idéias. ✓ Os estudantes aprenderam sobre o desenvolvimento da ciência porque vivenciaram o processo. Somente falar para eles não adianta, não é a mesma coisa.

Quadro 19: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Conhecimento de Avaliações da Aprendizagem dos Estudantes (continuação).

Analisando as idéias da professora sobre o entendimento dos alunos sobre modelos e modelagem (quadro 18), Helem demonstrou, desde o início, se preocupar em conhecer as idéias dos alunos e reconhecer a relevância disso no processo de ensino. Entretanto, ao aplicar a estratégia de modelagem, ela vivenciou intensamente essa explicitação das idéias dos alunos, o que fez com que ela sentisse a relevância desse aspecto na prática. Essa etapa promoveu uma mudança nos relatos da professora que, ao refletir sobre seus resultados, sobre o processo de formação e sobre o comportamento daqueles seus alunos no ano seguinte (Helem continuou sendo professora dos mesmos alunos), passou a enfatizar a importância de se conhecer as idéias e o entendimento dos alunos sobre um determinado tópico, justificando isto em termos de sua experiência e dos resultados observados por ela em suas turmas. Por isso afirmamos que o desenvolvimento do PCK da professora ocorreu principalmente no sentido da credibilidade que ela passou a dar a esse aspecto.

Em relação aos aspectos que seriam mais fáceis ou mais difíceis para os estudantes em termos de modelos e modelagem, Helem demonstrou uma evolução progressiva, isto é, no sentido de ampliar seu conhecimento sobre esses aspectos ao longo do processo. Os dados do quadro 16 evidenciam que esse desenvolvimento do PCK da professora parece ter sido favorecido, em especial, pelas discussões das aplicações dos colegas e por sua própria prática (pesquisa-ação).

Outro conhecimento desenvolvido essencialmente baseado nessas etapas e nas reflexões da professora sobre elas foi o entendimento da aprendizagem dos estudantes (quadro 19). Devido às freqüentes explicitações, por parte dos alunos, de suas idéias, dificuldades e satisfação em relação à estratégia de ensino que estava sendo desenvolvida, Helem relatou não apenas o que os estudantes aprenderam, mas também quais etapas e momentos ela julgava que haviam favorecido essa aprendizagem. Sendo assim, o desenvolvimento do PCK da professora em termos dessa categoria parece ter sido promovido principalmente pela pesquisa-ação.

Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Compreensão (antes do início): evidenciada em vários momentos do processo	Reflexão para a/sobre a Ação Conhecimentos procedimental e condicional	Rigor acadêmico com algumas características de Mudança conceitual (os estudantes são confrontados com seus conhecimentos prévios)	✓ Reconheceu que seus planos de aula eram muito tradicionais, prevendo aulas expositivas, atividades e avaliações. ✓ Sentiu as limitações de seu contexto escolar, considerando que nem sempre é possível passar a concepção de ensino que se quer. ✓ A partir da monografia, começou a ouvir mais seus alunos para compreender suas concepções prévias e favorecer a aprendizagem. ✓ Com essa pequena mudança, percebeu que seus alunos aprendiam mais.
Transformação: Instrução e Colaboração (reflexão sobre resultados da pesquisa-ação dos colegas)	Reflexão sobre a Instrução e para a Ação Conhecimentos declarativo, procedimental e condicional	Mudança conceitual (os estudantes são confrontados com seus conhecimentos prévios e o professor atua como facilitador do processo); Atividade dirigida (os alunos são estimulados e motivados por experiências manuais) e Processo (ajuda os estudantes a desenvolver habilidades de processos científicos).	✓ A professora considerou importante apresentar modelos de ensino aos alunos discutindo como eles os entendem e as limitações desses modelos. ✓ Ela considerou importante que os estudantes saibam criar modelos e trabalhar com eles explicando fatos (desenvolver um pensamento científico). ✓ A professora demonstrou seus conhecimentos sobre os objetivos da modelagem e o papel do professor como condutor em outras estratégias e contextos.

Quadro 20: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Orientações para o Ensino de Ciências.

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Transformação: Instrução, Colaboração e <u>Pesquisa-ação</u> (elaboração da estratégia)	Reflexão sobre a Instrução e para a Ação Conhecimentos declarativo, procedimental e condicional	Mudança conceitual (os estudantes são confrontados com seus conhecimentos prévios e o professor atua como facilitador do processo); Atividade dirigida (os alunos são estimulados e motivados por experiências manuais) e Processo (ajuda os estudantes a desenvolver habilidades de processos científicos).	✓ A professora elaborou uma estratégia de modelagem para seus alunos sobre um conteúdo químico. ✓ A atividade permitia aos alunos investigar um fenômeno, expressar suas idéias buscando explicá-lo, assim como processos vivenciados pelos cientistas. ✓ Algumas questões foram elaboradas com a intenção de identificar e questionar concepções alternativas dos alunos previstas na literatura. ✓ Os estudantes teriam diversos materiais disponíveis para criar seus modelos. ✓ Foram elaboradas atividades experimentais para que os estudantes pudessem testar seus modelos.
Reflexão: sobre o processo até o ENC16	Reflexão sobre a Instrução e para a Ação Conhecimentos declarativo e condicional	Concepções nas perspectivas das orientações por processo e Atividade dirigida (os estudantes são envolvidos em processos empregados pelos cientistas participando de atividades manuais com o objetivo de descoberta).	✓ Ela acredita no processo de modelagem no ensino. ✓ É importante o aluno ter consciência de como a ciência se desenvolve. ✓ Aprender ciência é desenvolver uma maneira diferente de olhar para as coisas, é fugir do costume de focar um determinado tipo de visão que parece ser o único existente. ✓ Ela gostaria que seus alunos percebessem a validade dos modelos que eles poderiam elaborar e a importância disso dentro do processo científico. ✓ A professora acredita que os alunos aprendem melhor vivenciando o processo de modelagem.

Quadro 20: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Orientações para o Ensino de Ciências (continuação).

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Instrução: Pesquisa-ação (ações da professora na prática)	Reflexão na Ação Conhecimentos procedimental e condicional	Atuação segundo as orientações por mudança conceitual (os estudantes puderam expressar, refletir e testar suas concepções prévias; a professora atuou como condutora); Atividade dirigida e Processo	✓ Ela solicitou que os estudantes buscassem as respostas com autonomia, expressando suas próprias idéias para resolver o ‘problema’. ✓ Ela discutiu com os alunos a validade de seus modelos e sobre como os modelos são construídos na ciência. ✓ Ela explicou brevemente as atividades para os estudantes e atuou como facilitadora no processo. ✓ Ela não deu respostas prontas aos alunos; ao contrário, questionou-os no sentido de auxiliá-los a resolver cada atividade. ✓ Através de questões geradoras, ela buscou desafiar as idéias prévias dos alunos, visando favorecer mudanças nas concepções alternativas. ✓ Ela promoveu e conduziu bem os debates e discussões dos estudantes dentro de seus grupos e com a turma toda. ✓ Ela questionou as representações usadas na elaboração dos modelos, promovendo a aprendizagem dos estudantes sobre a natureza dos mesmos. ✓ Ela discutiu sobre a coerência de um modelo, favorecendo a compreensão de que modelos não são definitivos, nem únicos (desenvolvendo o entendimento da construção do conhecimento científico). ✓ Ela construiu um modelo consensual com os alunos a partir dos modelos expressos por eles e concluiu a atividade.

Quadro 20: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Orientações para o Ensino de Ciências (continuação).

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática (ENC17)	Reflexão sobre a/para a Ação Conhecimentos procedimental e condicional	Mudança conceitual (valorização, sobretudo, dos momentos de discussão das idéias dos alunos) e Processo (busca de evidências para discutir dúvidas e hipóteses como ocorre no processo científico)	✓ A professora adaptou alguns elementos da estratégia para seu contexto e disponibilidade de tempo, mas não reduziu ou substituiu o tempo das discussões, nem deu respostas prontas aos alunos (não descaracterizou a atividade). ✓ A realização da atividade demandou muita dedicação e esforço da professora, mas ela afirmou que isso não a desmotivava, pois considerava a atividade muito válida.
Avaliação: Reflexão sobre os resultados da prática (ENC19)			✓ A professora considerou válida a busca de novas evidências, no caso experimentais, para esclarecer uma dúvida dos alunos, ao invés de dar respostas prontas. ✓ A professora realizou uma atividade posterior à estratégia de modelagem e verificou a aprendizagem dos estudantes de forma diferente das avaliações tradicionais, solicitando aos mesmos que comparassem seus modelos ao modelo curricular apresentado por ela enfatizando a validade, abrangência e limitação de cada um.

Quadro 20: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Orientações para o Ensino de Ciências (continuação).

<u>Orientações para o Ensino de Ciências baseado na Modelagem</u>			
Etapa do Processo	Tipo	Orientação	Evidências
Nova Compreensão: Reflexão 6 meses após a finalização do projeto	Reflexão sobre a Ação Conhecimentos declarativo procedimental e condicional	Transição do rigor acadêmico para o estabelecimento de algumas características das orientações por mudança conceitual (ao reconhecer a importância das discussões na aprendizagem dos estudantes); Processo (dando autonomia aos estudantes nas práticas e na busca de respostas para problemas) e Atividade dirigida (promovendo que o envolvimento dos estudantes em atividades por descoberta dentro de suas limitações)	✓ A professora reconheceu que utilizava apenas atividades verificacionais e muito controladas antes da pesquisa-ação. ✓ Ela reconheceu que antes dessa experiência sempre dava respostas prontas aos alunos. ✓ A professora usava as próprias idéias e questões dos alunos nas conduções das discussões. ✓ Ela incentivou que idéias divergentes fossem expressas e discutidas, promovendo a diversidade e o confronto de várias idéias. ✓ Ela passou a dar mais autonomia aos alunos nas atividades de laboratório. ✓ Ela enfatizou que o tempo gasto para o conteúdo foi maior do que no ensino tradicional, mas que, especialmente pelos momentos de discussões, essa metodologia era mais rica e efetiva. ✓ Ela reconheceu que só falar as coisas para os alunos não gera a mesma aprendizagem que ocorre quando eles se envolvem no processo, participando ativamente das atividades (como as de modelagem). ✓ Ela Modificou suas aulas procurando trabalhar de forma mais ampla, criativa, dando mais autonomia e voz aos seus alunos. ✓ Ela reconheceu que nunca havia pensado nessas possibilidades de mudança e nos benefícios antes de vivenciar o processo de formação. ✓ Ela reconheceu que seu contexto apresentava limitações para algumas metodologias, mas enfatizou que isso não impede as adaptações quando elas são válidas para a aprendizagem.

Quadro 20: Síntese dos dados sobre o PCK da Professora Helem – Orientações para o Ensino de Ciências (continuação).

A análise do quadro 20 nos revela que a professora Helem, no início do processo, apresentava concepções compatíveis com uma orientação por mudança conceitual. Entretanto, em sua prática de sala de aula, predominavam ações motivadas pelo rigor acadêmico. Embora a coexistência desses domínios seja contraditória, a professora demonstrou alternar entre eles conscientemente, ao argumentar sobre as limitações de tempo e as exigências de seu contexto escolar e suas buscas por mudanças, mesmo que pequenas, mas que promovessem melhoras na aprendizagem dos estudantes.

O que corroborou essa percepção de que a professora acreditava em um ensino direcionado à autonomia e à participação mais ativa dos estudantes e entendia os pressupostos desse foi a naturalidade com a qual ela incorporou a metodologia proposta em sua prática dentro do grupo colaborativo e, posteriormente, dentro de sua sala de aula. A ocorrência desse processo foi afirmada aqui como natural devido a duas evidências: (i) em momento algum, Helem apresentou resistência à proposta de ensino através da modelagem – situação comum quando um professor se defronta com novas metodologias que sejam incompatíveis com suas concepções de ensino (Henson, 1996), e (ii) ao discutir sobre essa proposta, elaborar uma estratégia baseada na mesma, aplicá-la em seu contexto de ensino e refletir sobre essa aplicação, a professora não demonstrou em suas ações, nem explicitou em suas falas incoerências em relação às principais orientações que sustentam essa metodologia: mudança conceitual, processo e atividade dirigida.

Essas evidências também nos remetem a inferir que essas orientações foram de encontro a uma visão do ensino de ciências sobre a qual a professora ainda não havia refletido e, portanto se conscientizado, mas que ela já vislumbrava. Outros relatos da professora que sustentam essa inferência foram observados em dois momentos. Primeiro, ao explicitar sua concepção sobre a importância do ensino de ciências na formação do estudante, Helem reconheceu *nunca ter parado para pensar nisso antes*. Mas, mesmo assim, ela descreveu uma concepção voltada para a aprendizagem de

ciência e sobre ciência. Segundo, ao final do processo, ela descreveu adaptações que fez para modificar e melhorar sua prática docente reconhecendo que a vivência do processo de formação, especialmente sua aprendizagem sobre o processo de modelagem, lhe permitiu visualizar possibilidades de mudanças significativas, aplicáveis ao seu contexto, que ela não via antes.

Diante dessas observações e dos demais dados sintetizados no quadro 18, apresenta-se nitidamente uma evolução progressiva do conhecimento conceitual da professora Helem sobre uma metodologia de ensino orientada por mudança conceitual, processo e atividade dirigida. Isto porque que ela explicita conhecimentos pautados nessas orientações nas três dimensões: declarativa, procedimental e condicional, o que traduz uma compreensão ampla e complexa desenvolvida no decorrer do processo de formação.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Para iniciar a discussão das questões de pesquisa, consideramos relevante retomar alguns pontos apresentados nos capítulos iniciais, em termos da revisão da literatura.

No início dessa dissertação, pontuamos que os estudos sobre o ensino de química relatam que as dificuldades dos estudantes em aprender essa disciplina escolar estão associadas à construção inadequada dos significados de conceitos fundamentais desde o início de sua formação (Nakhleh, 1992) e que, para suprir suas necessidades, eles constroem suas próprias concepções, muitas vezes alternativas, a partir de habilidades e experiências prévias. Essa literatura aponta ainda que tal limitação de aprendizagem deve-se a um modelo tradicional de instrução que tem se prolongado por muitos anos e que não atende às necessidades dos estudantes ao considerá-los como receptores passivos de uma série de informações e ao promover um ensino que não considera suas concepções prévias (Barab, Hay, Barnett, & Keating, 2000).

Essa propagação do modelo tradicional de ensino pode ser explicada por três aspectos que descrevem um ciclo: (i) os professores de hoje, foram os alunos de ontem que não desenvolveram de maneira apropriada os conceitos básicos da disciplina; (ii) em sua formação acadêmica, tais professores ainda não têm uma formação adequada sobre a natureza da ciência (Justi & Gilbert, 2002) e (iii) para preencher essas lacunas dentro de sala de aula, eles recorrem às suas experiências anteriores que, por consequência, estão associadas ao processo de formação inicial.

Em consenso com a literatura da área, assumimos neste trabalho que os fundamentos da química, enquanto uma ciência que lida essencialmente com entidades abstratas, estão associados aos modelos (sua natureza, uso, estabilidade) e à modelagem (processo de construção, teste e reformulação destes modelos). Relacionando esses pressupostos com os aspectos apresentados acima, analisamos, nesta pesquisa, um projeto de formação continuada de professores de química que

visava favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos básicos dos docentes sobre as premissas da disciplina e uma repercussão disso em sua prática dentro de sala de aula.

A título de conclusão, discutimos, a partir de agora, as questões de pesquisa que orientaram este trabalho.

QUAIS AS INFLUÊNCIAS DA PARTICIPAÇÃO EM UM PROJETO DE FORMAÇÃO CONTINUADA A PARTIR DA COLABORAÇÃO E DA PESQUISA-AÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DOS CONHECIMENTOS DAS PROFESSORAS SOBRE MODELOS E MODELAGEM?

Para formularmos a resposta para esta questão, apresentamos ‘como’ nossa proposta de formação favoreceu o desenvolvimento dos conhecimentos das professoras e ‘quais’ conhecimentos foram identificados como desenvolvidos.

Tendo em vista que nossa proposta de projeto de formação foi estruturada baseada no Modelo de Raciocínio Pedagógico (Wilson, Shulman & Richert, 1987 *apud* Feldman, 1996) para o desenvolvimento dos conhecimentos dos professores, a versão adaptada do mesmo para o processo de formação (figura 6) será utilizado como referência de direcionamento das discussões.

Considerando a etapa de Transformação, inicialmente em relação ao processo de instrução, foi favorecido que os participantes do grupo colaborativo explicitassem suas crenças e seus conhecimentos prévios em vários momentos. Esse aspecto teve essencialmente dois desdobramentos: gerar dados importantes em nossa pesquisa-ação que repercutiram na elaboração dos encontros posteriores, a partir de uma constante reflexão sobre o processo, e possibilitar que todos discutissem suas visões e experiências sobre o ensino com os demais participantes do grupo, desencadeando uma reflexão e, posterior, conscientização sobre o que acreditam e/ou fazem no ensino de química e por quê.

Focando nas professoras que participaram desta pesquisa, os trechos abaixo podem exemplificar esses desdobramentos:

“Gostaria de saber mais sobre o papel do professor como mediador no ensino (ou melhor, na aprendizagem) é um papel muito interessante. Ouvir o aluno, discutir com ele, levá-lo à construção de um conhecimento é fascinante.” (Carla-Q1)

“A ‘pesquisa’ que foi feita entre os professores sobre o que eles consideram modelos e a discussão que se seguiu foi o mais importante. Justamente pelo fato de suscitar tantas dúvidas, e de levar a discussões que imaginei e que nunca tinha pensado antes. Também porque seria impossível trabalharmos modelos sem haver essa discussão.” (Carla-Q2)

“Eu acho importante estar compartilhando isso (referindo-se a como utilizar analogias no ensino), pela experiência que eu tive esse ano de poder trabalhar diferente.” (Helem-ENC3)

“Fiquei pensando em como cada uma das analogias que costumo usar podem ter (e têm) muitas falhas.” (Carla-Q3)

“Vivenciar a elaboração (referindo-se a atividade do Suflair) foi quando eu tomei a consciência verdadeiramente do que era aquele processo. (...) O que a gente (membros do grupo de pesquisa) detectou que faltou nos últimos encontros foi o contato de forma direcional, tipo: essa etapa que a gente vivenciou corresponde a essa etapa do diagrama... isso eu acho que ele ia fazer uma ligação mais forte, uma consciência melhor do processo (referindo-se à formação dos demais professores).” (Helem-ENT2)

“... as discussões, a troca de experiência com as pessoas do grupo não limitaram as coisas dentro da minha sala de aula. (...) O mínimo de contribuição que poderia ter me dado até agora (se o grupo não continuasse) é eu pensar que nem tudo que eu falo o aluno está aprendendo e começar a prestar mais atenção no que o aluno está aprendendo e no que eu estou falando.” (Helem-ENT2)

Mantendo referência a estas citações, os trechos dois e cinco, respectivamente, evidenciam o reconhecimento das professoras Carla e Helem sobre a importância de sua participação em seu processo de aprendizagem, construindo seus próprios significados (perspectiva construtivista). Essa percepção refletiu-se no desempenho das mesmas na aplicação da estratégia de modelagem, quando atuaram como condutoras do processo fornecendo essa mesma autonomia aos seus alunos.

Os trechos três, quatro e seis explicitam como as interações dentro do grupo ocorreram em um nível de colaboração que, considerando os estudos de caso como um todo, ousamos a adjetivar como “amplo”. Além do grande envolvimento da professora Carla, a participação da professora Helem não indicou conflitos ou sequer grandes diferenças em termos de sua participação enquanto especialista e aprendiz. Ao contrário, ela ressaltou com ênfase, em vários momentos, sua progressiva aprendizagem. Essas evidências nos remetem à percepção de que a troca de conhecimentos e a aprendizagem ocorreram mútua e dinamicamente dentro do grupo. Esses trechos também demonstram como as professoras refletiram sobre suas crenças e práticas no decorrer do processo devido à colaboração.

Tendo sido observado esse tipo de colaboração dentro do grupo, acreditamos poder classificá-lo como um *grupo colaborativo* não apenas pela intenção inicial do projeto, mas por sua devida concretização. Nesse sentido, passamos a analisar a etapa de Transformação em função da pesquisa-ação realizada pelas professoras Carla e Helem.

Como já apresentado neste trabalho, Carla e Helem trabalharam juntas e com um terceiro professor (P1) em um subgrupo e desenvolveram uma estratégia para ensinar aos alunos as diferenças entre interações interatômicas e intermoleculares. Essa etapa de elaboração compõe o eixo organizativo da pesquisa-ação e envolve uma prospecção para a ação, ou seja, é significativamente marcada por uma reflexão para a ação. Essa reflexão, por sua vez, envolve uma organização e relacionamento complexo entre os conhecimentos que foram desenvolvidos no decorrer do processo, até o momento, e as concepções e experiências de ensino das professoras advindas de seu histórico docente, como exemplificam os trechos a seguir:

“Eu acho que me acrescentou mais ainda, não estou falando com isso que as outras partes seriam desnecessárias, todas são necessárias, mas acho que pra fundamentar mais ainda aquilo..., o meu entendimento sobre o processo de modelagem foi a elaboração do processo; porque aí, nesse momento, tanto eu quanto a Carla e as outras pessoas do grupo, a gente teve que focar bem no diagrama e no pensamento do

aluno, e em como que a gente ia conciliar vários fatores ao mesmo tempo, e tomando como base as etapas do diagrama.” (Helem-ENT2)

“Encontrar um fenômeno adequado para o tema que a gente queria trabalhar, que não fosse tão complexo e que permitisse ao aluno modelar, essa foi a primeira dificuldade. A segunda, foi estabelecer quais seriam os modelos que os alunos poderiam elaborar. E a terceira, foi verificar quais as questões geradoras que a gente teria que fazer para o aluno refletir sobre o modelo ou reformular o modelo dele.” (Helem-ENT2)

“O que eu achei mais difícil elaborar? Na verdade a professora Helem já trouxe as concepções alternativas da literatura, então isso não foi difícil. Eu já tinha pensado nisso. Agora, o que eu achei mais difícil nessa elaboração foi imaginar quais seriam as possíveis respostas dos alunos. O que poderia sair da cabeça deles e em cima das respostas o que a gente poderia trabalhar. Foi o mais difícil que eu achei. (...) Sozinha eu não teria pensado em tudo isso. Eu não posso dizer que eu sei o Diagrama Modelo de Modelagem.” (Carla-ENT2)

“Por mais que tenha sido difícil imaginar quais seriam as respostas dos alunos, para mim foi muito mais fácil do que se eu não tivesse essa experiência (referindo-se a sua experiência docente de 18 anos). Quando a gente estava pensando como tudo ia ser feito, a operacionalidade da coisa, eu sabia o que eu estava pensando, experiência né! Não que eu saiba tudo, nem pensar, mas é diferente se eu já tenho tantos anos de sala de aula, a gente tem mais noção do que pode dar certo.” (Carla-ENT2)

Outro fator interessante de se destacar nesses trechos é a fonte desses dados: a entrevista 2. Desenvolver esse diálogo com as professoras, principalmente no momento em que foi realizado – logo após a elaboração do artigo científico (ENC16), quando todas as sensações e percepções das professoras sobre o processo vivenciado até então estavam em seu auge –, foi muito importante para desencadear várias reflexões sobre diferentes momentos. Assumimos que a elaboração das questões e a escolha do momento tiveram essa repercussão pelos momentos em que, ao responder algumas questões, as professoras admitiam não ter pensado naquilo antes, ou ainda, formulavam as respostas intercalando momentos de silêncio e retrospectivas de fatos vivenciados. Essa entrevista revelou, portanto, momentos em que as professoras refletiram *na* instrução – quando relatavam suas auto-reflexões em alguns momentos dentro do grupo – e *sobre* a instrução – quando a reflexão era motivada pelo questionamento.

Prosseguindo a discussão sobre o processo de formação, ressaltamos as características das etapas da Instrução e Avaliação que, muitas vezes, ocorreram simultaneamente.

A etapa da Instrução foi importante em três aspectos: (i) favoreceu que as professoras consolidassem e demonstrassem seus conhecimentos sobre a modelagem na dimensão procedimental através da interação com a metodologia em seus respectivos contextos de sala de aula; (ii) por estar associada ao eixo estratégico de uma pesquisa-ação e, portanto, a uma ação que requer uma retrospectiva ao planejamento, estimulou uma reflexão na ação, ou seja, uma atuação consciente das professoras que sabiam o que, por que e quando fazer; e (iii) exigiu das professoras a habilidade de adaptar alguns aspectos da estratégia para um contexto real, diferente do ideal principalmente pela limitação de tempo, o que explicitou conhecimentos efetivos delas sobre a proposta, uma vez que as adaptações feitas não foram incoerentes aos pressupostos da metodologia.

As contribuições dessa etapa foram sinergicamente ampliadas pela ocorrência da etapa de Avaliação. O fato de poder contar com o suporte do grupo em seus momentos de dúvidas e desafios motivou as professoras a atuar com segurança e autonomia na aplicação da estratégia. Além disso, observar e analisar suas próprias aulas, como pesquisadoras, e discutir os resultados com os colegas, avaliando os pontos positivos e negativos, foram elementos que favoreceram uma reflexão sobre a ação que parece ter contribuído para consolidar crenças e conhecimentos, como demonstram os trechos a seguir:

“Quando teve a polêmica da cor, não teve reunião do grupo... aí eu liguei para Rosária, porque não ia ter encontro do grupo antes, e perguntei como a gente poderia amenizar isso. Ela falou assim: ‘tenta levar outras alternativas’. Agora as questões que eu levei, que deu tempo de levar pro grupo, eu sei que teve uma coisa que eu discuti que foi importantíssima. Super importante ter esse suporte.” (Helem-ENT3)

“O suporte foi importantíssimo, uma série de coisas que se você não tem, um livro não vai te dar, e a discussão com a prática de outros professores... é claro que você vai pesquisar sim, porque eu tive que pesquisar durante a atividade. É uma coisa que eu

acho até muito interessante, mas o grupo é importante, ele tem que estar entrosado, integrado para isso acontecer. E a auto-reflexão, se você vai aplicar a atividade e não tiver auto-reflexão, então não precisava ter aplicado. Então eu não consigo desvincular. Eu acho que são as três coisas que tornam o processo importante.” (Helem-ENT3)

“Eu acho que eu... não sei se eu teria mais facilidade de elaborar outra não. Eu acho a elaboração de estratégia muito difícil. (...) Para aplicar outra com muita certeza. Porque, o que eu acho que foi importante pra mim foi romper esse medo. (Carla-ENT3)

“Eu estou lembrando outra coisa, por exemplo, a cor dos átomos, deles terem feito – teve mais de um grupo nas duas turmas – deles fazerem os átomos de grafite cinza, os átomos do iodo que eles achavam que antes de aquecer eram de uma cor escura e depois roxa, mudaram de cor... então assim, foi uma coisa que, tudo bem, está escrito, já se sabe que eles têm essa visão, mas eu vi acontecer. Ninguém me contou! Eu vi! (Carla-ENT3)

“Em primeiro lugar, uma coisa é você falar como ele deve conceber os modelos assim... e outra coisa é ele viver. E ele aprende conteúdo mais do que se ele estivesse só ouvindo. (Carla-ENT3)

Considerando que o processo de formação, de fato, agregou as características ressaltadas, como evidenciam os trechos acima e outras explicitações das professoras descritas nos estudos de caso, podemos concluir que Carla e Helem realizaram uma pesquisa-ação na dimensão colaborativa. No capítulo 2, quando discutimos as concepções sobre pesquisa-ação assumidas nesse trabalho, tivemos o cuidado de projetar o direcionamento dado à nossa proposta de formação condicionando a concretização dessa direção às perspectivas e ao envolvimento das professoras pesquisadas. Agora, podemos concluir que a pesquisa-ação realizada pelas professoras foi colaborativa porque os dados evidenciaram que:

- as professoras tinham um objetivo prático como meta para a pesquisa-ação que realizaram. Esse objetivo prático relacionava-se a uma melhora de sua prática de ensino. Além disso, elas incorporaram um objetivo mais amplo do processo que visava, através da realização da pesquisa-ação, uma tomada de consciência das mesmas em relação ao processo de ensino através da modelagem e uma extrapolação para outros contextos;

- tais objetivos traçados para o grupo e compartilhados por Carla e Helem tinham uma dimensão emancipatória, configurando uma busca pela autonomia das professoras frente à sua prática, pelo desenvolvimento de uma visão crítica e consciente sobre a mesma de modo que elas se sintam capazes de modificar o que for necessário para melhorá-la;
- os propósitos previstos foram atingidos e reconhecidos pelas professoras: o desenvolvimento profissional de Carla e Helem, associado a um conhecimento mais profundo da profissão docente e a um conseqüente desenvolvimento pessoal correspondente a um autoconhecimento sobre elas mesmas como professoras e sobre suas práticas, foi evidenciado pelos dados analisados neste trabalho e reconhecido pelas professoras.

Diante dessa análise do processo de formação de Carla e Helem segundo um modelo de raciocínio pedagógico e das análises dos dados das duas professoras apresentadas no capítulo anterior, concluímos que os conhecimentos mais relevantes desenvolvidos por elas no decorrer das etapas foram:

- Conhecimento de Conteúdo sobre Modelos: após a etapa de Transformação, o desenvolvimento desse conhecimento da professora Carla ³⁶, segundo o quadro 3, foi favorecido pelos tópicos abordados na instrução – validando nossa pesquisa-ação que buscou adaptar os mesmos às necessidades dos professores – e pela forma como a instrução foi desenvolvida, considerando a compreensão inicial dos professores e, especialmente, a colaboração. Após as etapas de Instrução e Avaliação, os quadros 3 e 12 demonstram algumas expansões das explicitações das professoras em relação a este conhecimento. Em relação à Carla, podemos enfatizar a evolução do conhecimento de conteúdo na dimensão condicional e, no caso da professora Helem, uma

³⁶ A evolução desse conhecimento não foi observado tão nitidamente, nessa fase, para a professora Helem pelo fato de ela ter abordado o assunto em sua monografia de conclusão de curso e, portanto, de já possuí-lo de uma forma mais elaborada no início do projeto.

explicitação de seu conhecimento sobre a estabilidade dos modelos. Além disso, a atuação das duas professoras foi coerente aos conhecimentos identificados como desenvolvidos, o que corroborou nossas análises e conclusões até o momento e nos leva a inferir que estes conhecimentos foram acomodados adequadamente na estrutura cognitiva das professoras. Sendo assim, a partir das análises realizadas neste trabalho, consideramos que os fatores que favoreceram essa evolução, nessa fase, estão associados às características inerentes à pesquisa-ação como: interação com os estudantes na prática – momento correspondente a etapa de Instrução, na qual os conhecimentos das professoras foram colocados à prova ao terem que lidar com as dúvidas e dificuldades dos estudantes; a observação crítica e a análise consciente de suas ações em sala de aula conjugadas às reflexões na e sobre a ação – momentos correspondentes à etapa de Avaliação.

- Conhecimento de Conteúdo sobre Modelagem: nessa etapa da formação, o conhecimento das professoras se desenvolveu em níveis diferentes devido a uma lacuna na instrução de professores de química, identificada posteriormente pelos membros do grupo (Helem inclusive pontua isso em uma de suas falas citadas nessa conclusão), e ao fato de Helem ter tido um maior contato com o tema nas reuniões do grupo de pesquisa. Tal contato forneceu a essa professora mais subsídios para compreender o suporte teórico da elaboração de uma estratégia de modelagem (o Diagrama Modelo de Modelagem) e, portanto, os passos a serem seguidos no processo. Em relação à formação das professoras como um todo, essa diferença não teve maiores consequências, uma vez que, na aplicação da estratégia de ensino, embora Carla não tivesse expressado sistematicamente as etapas da modelagem, ela demonstrou compreendê-las ao desenvolvê-las muito bem. Dessa forma, em geral, podemos concluir que esse conhecimento foi desenvolvido pela instrução, mais expressivamente para a professora Helem, e pela pesquisa-ação (elaboração e aplicação da estratégia de ensino),

significativamente para as duas professoras (como evidenciam os quadros 4 e 13). Após as etapas de Instrução e Avaliação, as professoras demonstraram compreender na prática alguns aspectos que elas não relataram verbalmente sobre os passos a serem seguidos em um processo de modelagem. Tais conhecimentos foram explicitados nas dimensões procedimental e condicional o que nos remete à inferência de que “o fazer” na Instrução e “o refletir” na Avaliação, foram os aspectos-chave dessa evolução.

- Conhecimento Pedagógico de Conteúdo: os demais quadros de análise (de 5 a 11 e de 14 a 20) evidenciaram que os domínios do PCK apresentaram evoluções parciais até etapa da Transformação, ou seja, nem todas as categorias consideradas como relevantes apresentaram algum desenvolvimento, assim como nem todo desenvolvimento ocorreu nas dimensões desejadas (declarativa e/ou procedimental e/ou condicional). Isso significa que, se o processo de formação fosse encerrado após aquela etapa, não poderia ser caracterizada a evolução do PCK das professoras, uma vez que este é definido como uma organização complexa desses domínios a partir de uma compreensão plena dos mesmos (Park & Oliver, 2008). Contudo, após as etapas de Instrução e Avaliação, os dados indicaram significativas mudanças em relação a esses domínios do PCK das professoras. Por ser um conhecimento dimensionado dentro de um “saber para ensinar”, observar as professoras em ação foi fundamental para identificar evidências de algumas categorias associadas ao PCK das mesmas. Sendo assim, os quadros 3 a 10 para a professora Carla e 12 a 18 para a professora Helem evidenciaram evoluções de diversos aspectos das categorias definidas para os domínios do PCK nas três dimensões, o que indica o desenvolvimento conceitual das professoras sobre a abordagem de modelos e modelagem no ensino e um provável desenvolvimento do PCK das mesmas. Acreditamos que a resposta da próxima questão poderá corroborar essa inferência, pois, se indicar mudanças nas práticas das professoras devido aos seus conhecimentos sobre

modelos e modelagem, a possibilidade do PCK das mesmas ter evoluído será ainda maior. Contudo, ressaltamos que, diante da natureza desse conhecimento e do dinamismo do pensamento humano, não entendemos que o desenvolvimento do PCK de um professor seja um processo que possa ser concluído, de maneira que, o que realmente buscamos, foi contribuir para a evolução do mesmo na direção de um ensino de química fundamentado em modelos e modelagem. Tendo sido observada a evolução e a interação coerente entre os vários domínios após as etapas de Instrução e Avaliação, foi possível concluir que a pesquisa-ação colaborativa foi a característica mais relevante do projeto de formação nessa provável evolução.

A etapas 5 e 6 do Modelo de Raciocínio Pedagógico, relativas à Reflexão sobre o processo de formação vivenciado e à Nova Compreensão, serão discutidas na próxima seção, pois embora os dados apresentados a partir dessas etapas tenham corroborado nossas conclusões e resposta a esta questão de pesquisa, elas são indispensáveis na formulação da resposta à segunda questão.

Sintetizando a resposta para esta primeira questão de pesquisa, buscamos uma descrição didática de nossas conclusões e, por isso, apresentamos as etapas do processo de formação separadamente. Entretanto ficou nítido que os fatos de o vínculo e a intercomunicação terem sido estabelecidos entre as etapas de modo essencialmente dinâmico e complexo foram determinantes no desenvolvimento do conhecimento de conteúdo e do PCK das professoras sobre modelos e modelagem que conseguimos evidenciar neste trabalho. De fato, pudemos indicar em determinados momentos as etapas mais relevantes, mas consideramos improvável que a ausência de uma ou duas etapas, ou mesmo a realização delas em dimensões mais limitadas e simplificadas, possam promover os mesmos resultados de evolução dos conhecimentos docentes.

COMO O DESENVOLVIMENTO DE UMA PESQUISA-AÇÃO COLABORATIVA INFLUENCIOU EM SUAS PRÁTICAS DOCENTES?

Para respondermos essa questão, retomaremos o suporte metodológico do processo de formação (o Modelo de Raciocínio Pedagógico), discutindo as participações das professoras em termos das auto-reflexões que elas desenvolveram em cada etapa.

Na etapa de Transformação, os momentos de instrução (planejados e executados a partir de perspectivas construtivistas) e de colaboração permitiram que todos os participantes do grupo expressassem suas crenças e conhecimentos explicitamente. Nesse ambiente, Carla e Helem se mostraram disponíveis a compartilhar suas práticas, experiências e concepções. Acreditamos que esse contexto de liberdade e disponibilidade para expressar o que pensavam e de autonomia para concordar ou discordar dos diversos pontos de vista contribuiu para que as professoras não demonstrassem a tradicional resistência às mudanças observada por outros pesquisadores (Borko & Putnam, 1996; Henson, 1996; Gess-Newsome, 2003). Atribuímos a esta abertura das docentes os fatos de (i) elas terem discutido, ao longo de vários encontros, problemas relativos ao ensino de química apontados por todos os participantes do grupo, passando a perceber que vários deles não eram exclusivos de suas salas de aula e, portanto não estavam associados a uma possível incompetência profissional e (ii) ambas terem ingressado no grupo em busca de uma melhoria da própria prática – o que indica a insatisfação inicial em relação a alguns aspectos. Os trechos abaixo sustentam esses argumentos:

“Ter discutido as dificuldades que se encontra hoje o ensino de química. Na discussão as pessoas trouxeram à tona problemas que, acredito, são comuns a todos os professores. Foi importante porque, basicamente, queremos trabalhar formas novas de ensinar química.” (Carla-Q1)

“...desejo conhecer mais, aprender formas de trabalhar que tragam melhorias para minha vida profissional, para meus alunos.” (Carla-Q1)

“A partir do momento que eu fiz um piloto com a minha turma (referindo-se à sua monografia), eu vi que eles não estavam entendendo absolutamente nada do que eu

tava falando, e que tinha aspectos que eu não entendia o que eu estava falando para eles; então eles não tinham que entender também. Então eu comecei a prestar atenção em detalhes que fazem toda a diferença, que é começar a pesar o que eu estou falando, perguntar até que ponto eles estão entendendo..., nesse momento eu comecei a prestar mais atenção na elaboração dos modelos por parte dos alunos. Foi isso que me motivou a buscar mais, a participar do grupo e achar que a modelagem é uma estratégia válida.” (Helem-ENT2)

“A insatisfação de ver meus meninos naquele ponto assim, e aí, o que eu vou fazer com isso? Aquilo era muito interessante para mim que estava falando, mas para eles era um tédio. Isso... eu sempre fui preocupada: se aquilo que eu estou falando, além dos meninos estarem entendendo, se é realmente interessante. Não é transformar o negócio em um conteúdo prático, com um monte de exemplos cotidianos e também não falar do embasamento científico. Mas deixar de ser interessante, totalmente desinteressante, eu não consigo trabalhar assim. Aquilo me fez ficar muito insatisfeita com o meu trabalho. Foi quando eu comecei a buscar.” (Helem-ENT3)

A pesquisa-ação colaborativa associada a essa etapa foi expressivamente relevante, tanto pela elaboração da estratégia de ensino quanto pela comunicação da mesma através de um artigo científico escrito para um congresso. Ao ‘transformarem’ algo que parecia ser um ‘*simples plano de aula*’ em uma ‘*produção científica*’, as professoras começaram a repensar a relevância desse primeiro. Através de uma profunda auto-reflexão, Carla e Helem passaram a reconhecer que não se tratava de uma *transformação* e, sim, de um compartilhamento entre profissionais de boas idéias e inovações que podem promover melhoras no processo de ensino. Tal mudança de visão pôde ser evidenciada quando as professoras (i) explicitaram uma reflexão crítica e uma revisão de seus planejamentos de aula, reconhecendo que muitas vezes não dão a eles a devida relevância que lhes é inerente, uma vez que carregam a responsabilidade de favorecer a aprendizagem dos estudantes, e (ii) desmistificaram em suas concepções o status inalcançável de desenvolver uma produção científica³⁷. Os trechos abaixo exemplificam essas evidências:

“Foi totalmente uma novidade (a elaboração do artigo)! Eu achei muito chique! Ele foi baseado na estratégia. Eu vi que não é fácil escrever artigo. É muito difícil, tem uma

³⁷ Esse aspecto foi mais relevante para a professora Carla por seu histórico profissional diferente da professora Helem.

série de normas e tal que eu não domino; que eu aprendi. Achei uma experiência excelente! Deu vontade de escrever mais. Eu achei legal.” (Carla-ENT2)

Qual é a sua sensação vendo um planejamento de aula tendo o mesmo status de produção científica, sendo que no cotidiano o segundo é tido como mais valioso que o primeiro?

“Exatamente! Eu acho que eu fiquei pensando que tem muito profissional, muito professor aí fazendo muita coisa interessante que poderia virar artigos interessantíssimos e por vários motivos isso não acontece. Talvez ele tá afastado daqui! (Ou não valoriza sua prática...) Mas a gente tem uma auto-estima baixíssima! Ou não tem tempo. Eu vi que esse glamour que a gente idealiza é uma coisa muito simples, que você relata e tudo... e a gente acha chique, uma coisa inalcançável, né? E não é. Inclusive, prá mim, não só o artigo, prá minha auto-estima enquanto profissional tem sido muito importante. Eu tava me sentindo uma péssima profissional, e tem dia que eu me sinto ainda.” (Carla-ENT2)

Quais as suas sensações ao transformar um planejamento de aula em artigo científico?

“Pra começar, eu começo a questionar meus planos de aula... e a sensação de poder contribuir, em primeiro lugar; porque eu vivo uma inércia, uma situação de ensino de apatia completa dos professores. E eu não estou falando com isso que eu tenho alguma coisa de melhor... Então eu sinto que quando você escreve uma coisa dessa, é uma forma de alertar o professor de que existem outras possibilidades que podem fazer o aluno aprender e é isso que interessa, pelo menos, à grande maioria... Então a sensação que eu tenho de escrever isso é de contribuir.” (Helem-ENT2)

As próximas etapas, Instrução e Avaliação, foram importantes por demonstrarem para as professoras que a estratégia é aplicável em seus contextos reais de ensino; por dar segurança às mesmas de que são capazes de desenvolver tal proposta em suas salas de aula; e por elas terem percebido, através de suas análises, a validade da proposta e o quanto ela promove um aprendizado mais agradável e efetivo para os estudantes. Essas características, advindas da realização dessas etapas através da pesquisa-ação colaborativa, reforçam a contribuição de nossa proposta no desenvolvimento de pré-requisitos para mudanças efetivas na prática docente. Esses fatores inter-relacionados parecem ter despertado nas professoras Carla e Helem novas crenças sobre o ensino e ter promovido novos conhecimentos sobre sua profissão e seus respectivos perfis profissionais. Além disso, eles contribuíram para elevar a auto-estima das mesmas, o que, inclusive, motivou extrapolações de aspectos dessa metodologia para suas práticas docentes.

Essas extrapolações foram percebidas pelas reflexões e explicitações feitas pelas professoras nos momentos de avaliação dos resultados da pesquisa-ação (através dos dados apresentados nos estudos de caso) e, mais significativamente na etapa seguinte de Reflexão sobre todo o processo de formação vivenciado por elas, promovida através da entrevista 3. Esse instrumento foi elaborado com o intuito de favorecer que elas refletissem sobre e explicitassem quais os momentos consideraram mais relevantes para sua formação, por que eles foram importantes e quais as mudanças que se concretizaram na prática após o término do grupo. As respostas a essas questões mostraram-se tão ricas e esclarecedoras que foram apresentadas em destaque nos estudos de caso. Através de uma análise delas, à luz do que já discutimos até o agora, sintetizamos a seguir os aspectos que favoreceram e culminaram em mudanças nas práticas de Carla e Helem:

- as professoras relataram que o processo não só contemplou como superou suas expectativas. Elas demonstraram nítida satisfação com os resultados, tanto em relação ao desenvolvimento profissional e pessoal delas, quanto em relação às melhorias na prática frente a significativa aprendizagem e satisfação dos alunos;
- diante do fato de que vale à pena apostar em inovações no ensino e seguras de seus conhecimentos desenvolvidos, Carla e Helem mostraram-se conscientes dos momentos adequados para inserir as estratégias de modelagem dentro de suas realidades de ensino e se declararam disponíveis e motivadas para fazê-lo;
- assumindo que as condições de seus contextos limitavam a completa inserção dessa metodologia na frequência que julgavam adequada, as professoras refletiram detalhadamente sobre a nova metodologia, identificaram e implementaram os aspectos que, segundo suas concepções foram centrais para as contribuições percebidas no ensino;
- concluindo sobre suas respectivas formações, Carla e Helem fizeram um paralelo entre suas práticas docentes antes e depois do grupo colaborativo e,

interessantemente, convergiram a um ponto central: reconheceram que modificaram alguns aspectos em suas falas e ações, que incluíram novos elementos em suas práticas de ensino, que isso era positivo e promovia resultados diferentes, mas que tais mudanças ainda não eram suficientes para garantir que o processo de ensino em suas salas de aula se desvinculasse do modelo tradicional.

Comentando especialmente esse último item em paralelo aos dados dos quadros de análise 11 e 20, Carla e Helem demonstraram ter modificado suas práticas docentes dentro dos limites que encontraram em seus contextos. Entretanto, pelo fato de terem desenvolvido novos conhecimentos sobre orientações para o ensino ciências e, possivelmente, consolidado novas crenças sobre o mesmo, avaliaram essas evoluções como ainda não ideais. Dessa forma, acreditamos que essa ‘insatisfação’ implícita na consciência crítica das professoras sobre suas práticas pode fomentar novas buscas e novas mudanças.

A nosso ver, isto se relaciona com a inerente natureza de professores compromissados, pois *se estamos insatisfeitos com a nossa prática e nos contentamos, somos apenas um cenário, por onde as oportunidades passam e nós as ignoramos; se sonhamos com dias melhores e esperamos que os outros mudem, somos utópicos que se abstêm de sua própria responsabilidade; mas se rompemos com a inércia, enfrentamos os obstáculos e vamos em busca do que realmente acreditamos, somos de fato professores, profissionais que assumem seu compromisso diante da sociedade e que se valorizam, através da valorização de sua própria prática.*

IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA E A PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Este trabalho investigou um contexto de formação de professores envolvidos em um grupo colaborativo de pesquisa-ação. Considerando que suas conclusões apontaram para um expressivo sucesso deste processo no desenvolvimento do conhecimento das professoras, defendemos que a formação de grupos colaborativos de pesquisa-ação

seja divulgada entre os formadores de professores, especialmente dentro das universidades, para que essa prática possa ser incorporada em outros programas, inclusive nos cursos de formação inicial dos futuros docentes.

A partir das análises dos resultados, um dos aspectos explicitados pelas professoras participantes desta pesquisa como limitantes para mudanças efetivas nas práticas docentes foi a resistência das escolas às práticas de ensino inovadoras, possivelmente associada a um desconhecimento dos potenciais das mesmas. Visando minimizar tal limitação, defendemos que os resultados desta pesquisa sejam difundidos também entre diretores de escolas e supervisores a fim de que eles possam entender como o envolvimento de professores com propostas de ensino sérias e fundamentadas podem não só resultar em uma melhor aprendizagem dos alunos quanto no crescimento profissional dos professores. Pensando de maneira otimista, isto poderia resultar na formação de grupos de professores nas próprias escolas que, com o devido apoio, poderiam favorecer aos docentes compartilhar entre si suas práticas, idéias e dúvidas e buscar projetar e concretizar inovações no ensino. Isto poderia favorecer uma atualização constante dos mesmos e de suas práticas de ensino, além de um potencial avanço na qualidade de formação dos estudantes.

A pesquisa realizada neste trabalho fundamentou-se na análise do desenvolvimento do conhecimento de professores de química a partir de uma metodologia que buscou integrar o Modelo de Raciocínio Pedagógico (Wilson, Shulman & Richert, 1987 *apud* Feldman, 1996) para o desenvolvimento dos conhecimentos dos professores com uma visão expandida da definição deste conhecimento elaborada por Shulman sobre PCK, e mais específica para o ensino de ciências, construída por Magnusson, Krajcik e Borko (1999) a partir dos trabalhos de Grossman (1990) e Tamir (1988). Além disso, foram definidos e investigados os conhecimentos acerca de modelos e modelagem. Tal modelo explicitou cada detalhe importante no processo de formação docente, descrevendo e promovendo relações complexas, nas dimensões teóricas e práticas, entre os principais aspectos que são

destacados na literatura da área (mas, freqüentemente, de forma desvinculada e/ou apenas teórica). A partir deste referencial integrado e da constatação de que a utilização do mesmo nos permitiu discutir as questões de pesquisa propostas, defendemos que tal referencial seja utilizado em outras instâncias nas quais se deseje analisar questões de pesquisa semelhantes às que orientaram este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAAS. (1998). *Science for All Americans. A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS).

Barab, S. A., Hay, E. K., Barnett, M., & Keating, T. (2000). Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 719 - 756.

Beijaard, D., & Verloop, N. (1996). Assessing Teachers' Practical Knowledge. *Studies in Educational Evaluation*, 22, 275-286.

Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to Teach. In: D. C. Berliner, & R. C. Calfee, *Handbook of Educational Psychology* (p. 673-708). New York: Macmillan.

Brasil. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação e Cultura.

Burbank, M. D., & Kauchak, D. (2003). An alternative model for professional development: investigations into effective collaboration. *Teaching and Teacher Education*, 19, 499-514.

Campos, L. M., & Diniz, R. E. (2001). A prática como fonte de aprendizagem e o saber da experiência: o que dizem professores de Ciências e de Biologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6, 1-13.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education* (5th ed.). London and New York: Routledge-Falmer.

Dewey, J. (1979). *Como pensamos: Como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo* (4ª ed.). São Paulo: Companhia Nacional.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual Change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.

Feldman, A. (1996). Enhancing the Practice of Physics Teachers: Mechanisms for the Generation and Sharing of Knowledge and Understanding in Collaborative Action Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 513-540.

Feldman, A. (2002). *Existential Approaches to Action Research*. Acesso em 22 de 05 de 2006, disponível em <http://www.unix.oit.umass.edu/~afeldman/ActionResearchPapers/Feldmaninpress.PDF>.

Feldman, A. (1993). *Teachers learning from teachers: Knowledge and understanding in collaborative action research*. Stanford University: PhD Thesis.

Ferreira, P. F., & Justi, R. (2005). From chemical reaction to chemical equilibrium: learning through modelling. *Paper presented at the V Conference of the European Science Education Research Association, 28 August - 01 September*. Barcelona, Spain.

Ferreira, P. F., & Justi, R. (in print). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*.

Ferreira, P. F., & Justi, R. (2007). Teachers' Role Planning and Conducting Modelling Activities in Science Teaching. *Journal of Science Education*, 8, 66-70.

Figueirêdo, K. L., & Justi, R. (2007). Formação Continuada de Professores de Ciências: uma perspectiva de desenvolvimento dos conhecimentos docentes a partir de pesquisa-ação colaborativa. *Trabalho apresentado no VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 25-29 de Novembro, Florianópolis, SC.

Franco, M. A. (2005). Pedagogia da Pesquisa-ação. *Educação e Pesquisa*, 31, 483-502.

Freitas, D., & Villani, A. (2002). A Formação de Professores de Ciências: um desafio sem limites. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7, 1-25.

Gess-Newsome, J. (2003). Implications of the Definitions of Knowledges and Beliefs on Research and Practice in Science Teacher Education. *Paper present at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, March 23-26*, (pp. 1-12). Philadelphia, PA.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: J. K. Gilbert, & C. J. Boulter, *Developing Models in Science Education* (p. 3-17). Dordrecht: Kluwer.

Grossman, P. L. (1990). *The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education*. New York: Teachers College Press.

Henson, K. T. (1996). Teachers as Researches. In: D. C. Berliner, & R. C. Calfee, *Handbook of Educational Psychology* (p. 53-64). New York: Macmillan.

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.

Hodson, D. (2003). Time for Action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25, 645-670.

Justi, R. (2006). La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 173-184.

Justi, R. (2003). *Relatório de Estágio Pós-Doutoral*. Belo Horizonte: DQ - UFMG.

Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24, 369-387.

Justi, R., & Mendonça, P. C. (2007). Modelling in order to learn an important sub-micro representation: the nature of the ionic bond. *Paper presented at the VI Conference of the European Science Education Research Association, 21-25 August*. Malmö, Sweden.

Justi, R., & van Driel, J. (2005). The Development of Science Teachers' Knowledge on Models and Modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27, 549-573.

Latorre, A. (2004). *La investigación-acción: Conocer y Cambiar la Práctica Educativa* (2 ed.). Espanha: Grão.

Magnusson, S., Krajcik, I., & Borko, H. (1999). Nature, Source and Development of Pedagogical Content Knowledge. In: J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman, *Examining Pedagogical Content Knowledge: The construct and its implications for Science Education* (p. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Mendonça, P. C., & Justi, R. (2007). Transição do Modelo 'NaCl molécula' para o 'NaCl em rede' através de Atividades de Modelagem. *Trabalho apresentado no Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, 25-29 de Novembro, Florianópolis, SC.

Mendonça, P. C., Figueirêdo, K. L., & Justi, R. (2006). Proposta de Ensino de Ligação Metálica através da Construção de Modelos. *Trabalho apresentado no XIII Encontro Nacional de Ensino de Química*, 24 a 27 de Julho, Campinas, SP.

Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College London School of Education.

Monceau, G. (2005). Transformar as práticas para conhecê-las: pesquisa-ação e profissionalização docente. *Educação e Pesquisa*, 31, 467-482.

Nakhleh, M. B. (1992). Why don't any Students Learn Chemistry?: Alternative Conceptions in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.

Nery, M. A. (2007). *Entre o Discurso e a Prática Docente: um estudo da mudança docente e de suas implicações sobre os propósitos e as práticas de ensino no cotidiano da sala de aula*. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.

Nogueira, N. R. (2003). *Pedagogia dos Projetos: uma jornada interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das Múltiplas Inteligências* (4 ed.). São Paulo: Érica.

Nunes, C. M. (2001). Saberes Docentes e Formação de Professores: um breve panorama da pesquisa brasileira. *Educação e Sociedade*, 74, 27-40.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers Professionals. *Research Science Education*, 38, 261-284.

Pimenta, S. G. (2005). Pesquisa-ação crítico colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências com a formação docente. *Educação e Pesquisa*, 31, 521-539.

Ponte, P. (2002). How teachers become action researches and how teacher educators become their facilitators. *Educational Action Research*, 10, 399-422.

Rosa, M. I., & Schnetzler, R. P. (2003). A Investigação-Ação na Formação Continuada de Professores de Ciências. *Ciência e Educação*, 9, 27-39.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15, 4-14.

Silva, E. M., & Araújo, C. M. (19-22 de Setembro de 2005). *Reflexão em Paulo Freire: Uma contribuição para a Formação Continuada de Professores*. Acesso em 12 de 07 de 2007, disponível em [www.paulofreire.org.br/pdf/comunicacoes_orais/REFLEXÃO EM PAULO FREIRE-UMA CONTRIBUIÇÃO PARA FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES.pdf](http://www.paulofreire.org.br/pdf/comunicacoes_orais/REFLEXÃO_EM_PAULO_FREIRE-UMA_CONTRIBUIÇÃO_PARA_FORMAÇÃO_CONTINUADA_DE_PROFESSORES.pdf): V Colóquio Internacional Paulo Freire.

Sprinthall, N. A., Reiman, A. J., & Thies-Sprinthall, L. (1996). Teacher Professional Development. In: J. Sikula, T. J. Buttery, & E. Guyten, *Handbook of Research on Teacher Education* (p. 666-703). New York: Macmillan.

Tamir, P. (1988). Subject Matter and Related Pedagogical Knowledge in Teacher Education. *Teaching and Teacher Education*, 4, 99-110.

Thiollent, M. (1994). *Metodologia da Pesquisa-ação*. São Paulo: Cortez.

Tripp, D. (2005). Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, 31, 443-466.

Vosniadou, S. (2002). Mental Models in Conceptual Development. In: L. Mangani, N. J. Nersessian, & P. Thagard, *Model Based Reasoning in Scientific Discovery* (p. 353-368). New York: Kluwer.

Wellington, J. (2001). What is Science Education For?. *Canadian Journal of Science Mathematics & Technology Education*, 1, 23-39.

ANEXOS**ANEXO I – QUADRO EXPLICATIVO DAS ORIENTAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

(segundo Magnusson et al., 1999)

Orientações para o Ensino de Ciências	Metas/Objetivos do Ensino de Ciências	Características da Instrução
Processo	Ajudar os estudantes a desenvolver as “habilidades de processos científicos”.	O professor introduz os estudantes em processos de pensamento empregados por cientistas para adquirir novos conhecimentos. Os estudantes se engajam em atividades para desenvolver o processo de pensamento e habilidades de raciocínios integrados.
Rigor Acadêmico	Representar uma área particular de conhecimento.	Os estudantes são desafiados com problemas e atividades difíceis. Práticas de laboratório e demonstrações são utilizadas para verificar concepções científicas por demonstrarem relacionamentos entre um conceito particular e um fenômeno.
Didática	Transmitir os fatos da Ciência.	O professor apresenta informações, geralmente através de leituras ou discussões, e questões direcionadas aos estudantes para mantê-los cientes dos fatos e produções científicas.
Mudança Conceitual	Facilitar o desenvolvimento do conhecimento científico por confrontar os estudantes com contextos cujas explicações desafiam suas concepções prévias.	Os estudantes são pressionados por suas visões sobre o mundo numa busca da adequação de suas explicações alternativas. O professor facilita discussões e debates necessários para estabelecer os conhecimentos válidos para o tema.
Atividade Dirigida	Motivar os estudantes através do uso de diversos materiais e experiências manuais.	Os estudantes participam de atividades manuais (dos tipos verificacional ou por descoberta). As atividades escolhidas podem não ser conceitualmente coerentes se o professor não entende a proposta e, como consequência, omite ou modifica inapropriadamente aspectos críticos da mesma.

Orientações para o Ensino de Ciências	Metas/Objetivos do Ensino de Ciências	Características da Instrução
Descoberta	Proporcionar oportunidades aos estudantes de descobrir, por eles mesmos, os conceitos científicos alvo.	Centrada no Estudante: eles exploram o mundo natural seguindo seus próprios interesses e, nesse processo, descobrem aspectos de como o mundo funciona.
Projeto baseado em Ciência	Envolver os estudantes em investigações de soluções para problemas autênticos.	Centrada no Projeto: professor e estudantes trabalham em torno de questões dirigidas que organizam conceitos e princípios e dirigem atividades dentro de um tópico de estudo. Através da investigação, os estudantes desenvolvem uma série de artefatos (produtos) que refletem seu entendimento emergente.
Investigação	Compreender a Ciência como investigação	Centrada na Investigação: o professor auxilia os estudantes na definição e investigação de problemas, traçando conclusões, e avaliando a validade do conhecimento a partir dessas conclusões.
Investigação Guiada	Constituir uma comunidade de aprendizes na qual os membros dividem responsabilidades para o entendimento do mundo físico, particularmente com respeito ao uso de ferramentas científicas.	Centrada na Comunidade de Aprendizagem: o professor e os estudantes participam de definições e investigações de problemas, determinação de relações, invenções e testes de explicações, e avaliam a utilidade e validade de seus dados e a adequação de suas conclusões. O professor motiva esforços dos estudantes para o uso de ferramentas materiais e intelectuais de ciência, rumo ao uso independente dessas.

**ANEXO II – MODELO DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS PELOS PROFESSORES
APÓS OS WORKSHOPS NO GRUPO COLABORATIVO**

**Projeto de Pesquisa: “Formação de professores e Ensino de Química através de
Modelos – Investigações a partir de pesquisa-ação”**

Impressões sobre o Workshop

Nome: _____ Data: _____

1. No workshop de hoje, quais foram os aspectos que você julgou mais importantes?
2. Por que você achou que a discussão desses aspectos foi importante?
3. Quais são as dúvidas que você tem após a discussão de hoje?
4. Existe algum outro aspecto relacionado com o tema de hoje que você acha que deveria ser discutido ou discutido com mais profundidade? Qual(is)?

ANEXO III: TCLE ASSINADO PELAS PROFESSORAS PARTICIPANTES DA PESQUISA**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado(a) professor(a) Z,

Uma das maneiras de contribuirmos para que a Educação possa melhorar, para que os alunos possam aprender mais e melhor, é através da realização de pesquisas que investiguem potenciais inovações no ensino. Na Universidade Federal de Minas Gerais temos realizado, com sua participação, uma pesquisa intitulada por “Modelagem em Ensino de Ciências – Aspectos Cognitivos Envolvidos na Aprendizagem”, sob minha coordenação, e que tem como um de seus objetivos estudar como ocorre a aprendizagem dos alunos – em relação ao conteúdo e ao processo de modelagem – quando eles participam de atividades de modelagem.

Para promover essa proposta de inovação na sala de aula, entendemos ser de grande importância um processo de formação dos professores visando uma atualização e uma ampliação de seus conhecimentos. Para tal, o grupo do qual participa tem um caráter colaborativo (onde professores e pesquisadores interagem entre si), informativo (workshops sobre a teoria e a prática do ensino na perspectiva da modelagem) e prático (aplicação, pelo professor, da estratégia em seu contexto de ensino). Diante dessa intencionalidade do projeto inicial, pretende-se realizar, a partir de Maio de 2007, uma segunda pesquisa cujo título é “Pesquisar, colaborar e praticar: influência da participação de professores em Grupos Colaborativos de Pesquisa-ação em suas Práticas Docentes”, inserida nesse contexto, com o objetivo de verificar se existem/ocorrem modificações nos conhecimentos dos professores ao vivenciarem esse processo e como o grupo colaborativo e/ou a pesquisa-ação podem ter influenciado nessas modificações. Tal pesquisa dará suporte à elaboração da dissertação de Mestrado em Educação da aluna Kristianne Lina Figueirêdo, minha orientanda.

Como em situações anteriores, para a realização da pesquisa, alguns dos encontros no grupo e as aulas nas quais a estratégia de ensino for desenvolvida serão filmados (a fim de registrar as discussões entre os alunos e deles com você). Além disso, algumas entrevistas, gravadas em áudio, também serão realizadas. Todo este material será utilizado unicamente para subsidiar o estudo em questão, não sendo a identidade da escola, sua e dos alunos revelada em nenhuma instância de divulgação dos resultados. As imagens não serão exibidas em público assegurando, assim, a privacidade e o sigilo da identidade sua e de seus alunos.

Para que a pesquisa possa ser realizada, solicito que você preencha e devolva uma das cópias deste termo de consentimento assinado.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato comigo pelo telefone 3499.5694 ou no endereço: Departamento de Química da UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte.

Finalmente, informo que esta pesquisa foi analisada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, ao qual você poderá recorrer livremente em qualquer eventualidade no endereço Unidade Administrativa II, sala 2005, Campus da UFMG ou pelo telefone 3499.4592.

Desde já, agradeço sua colaboração para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

Profa. Rosária Justi

Pesquisadora responsável

Autorização para coleta de dados

Declaro que estou suficientemente esclarecido(a) sobre as pesquisas “Modelagem em Ensino de Ciências – Aspectos Cognitivos Envolvidos na Aprendizagem” e “Pesquisar, colaborar e praticar: influência da participação de professores em Grupos Colaborativos de Pesquisa-ação em suas Práticas Docentes”, seus objetivos e metodologias e que concordo com o desenvolvimento das mesmas a partir de dados coletados em uma de minhas turmas.

Assinatura: _____

CI: _____

ANEXO IV: TCLE ASSINADO PELOS PAIS (OU RESPONSÁVEIS) DOS ALUNOS PARTICIPANTES DA PARTE DE PESQUISA-AÇÃO DO PROJETO**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Aos pais dos alunos da turma A do Colégio B,

Prezados senhores,

A profa. X, professora de Química do Colégio B, participa de um projeto de pesquisa “Formação de Professores e Ensino de Química através de Modelos – Investigações a partir de pesquisa-ação”. Tal projeto é desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Ensino de Química da Universidade Federal de Minas Gerais e financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq). Seu principal objetivo é investigar o processo de desenvolvimento dos professores em relação a: seus conhecimentos sobre modelos e a utilização desses conhecimentos em sua prática docente e suas ações como professores-pesquisadores. Ele foi proposto a partir (i) do reconhecimento de que o conhecimento do professor não se limita ao conhecimento do conteúdo específico e (ii) de evidências publicadas em pesquisas em todo o mundo de que o desenvolvimento profissional dos professores mostra-se bastante efetivo quando ocorre em um ambiente no qual eles se sintam encorajados a aprender, a criar e a utilizar novas atividades tendo em vista as realidades e os problemas de suas próprias salas de aula.

Uma das etapas deste Projeto prevê a realização de uma pequena investigação sobre ensino fundamentado em modelagem a ser desenvolvida pelos professores em uma de suas salas de aula. Tal investigação foi planejada por toda a equipe participante e será desenvolvida sem nenhum prejuízo para os alunos em termos de conteúdo ensinado. Ao contrário, acreditamos que o envolvimento dos alunos em atividades de ensino nas quais os mesmos tenham que, por exemplo, raciocinar criticamente, expressar suas idéias, discuti-las com os colegas e com o professor, favoreça muito mais a ocorrência de aprendizagem significativa do que atividades

tradicionais de ensino (nas quais o professor simplesmente apresenta o conteúdo e os alunos o aceitam como verdade absoluta). Pesquisas realizadas aqui em Belo Horizonte e no exterior têm evidenciado que isso acontece quando atividades de modelagem são utilizadas. Em outros países (por exemplo, Inglaterra, Austrália e Estados Unidos), inclusive, já vêm sendo implementados cursos completos com utilização dessa abordagem.

Por diversas razões, a turma de seu filho / sua filha foi escolhida pela professora para a realização dessa investigação, que conta com o apoio da direção do colégio. Gostaríamos de esclarecer que, de acordo com os princípios da ética na pesquisa, (i) todo o material coletado no âmbito do projeto (como as imagens gravadas nessas aulas) será de uso exclusivo da pesquisa e (ii) todos os sujeitos e/ou instituições envolvidas terão seu anonimato garantido em todas as instâncias em que os resultados da pesquisa forem divulgados. Todavia, de acordo com esses mesmos princípios éticos, necessitamos de sua autorização para que algumas das aulas de Química dessa turma sejam filmadas. Nesse sentido, solicitamos que preencha o formulário em anexo e o devolva à professora X.

Certos de contar com sua colaboração, gostaríamos de enfatizando que esse projeto está sendo realizado a partir da crença de que para que os alunos aprendam ciências de forma a capacitá-los a agir como cidadãos críticos e a efetivamente contribuir para o bem-estar do povo brasileiro, a ação do professor é fundamental. Contribuindo para melhorar a formação dos professores de química através do compartilhamento de uma visão de ensino que tem sido utilizada com sucesso em outros contextos e através da associação entre pesquisa e ensino – um dos princípios defendidos por esta que é uma das melhores universidades do país –, acreditamos que estaremos todos contribuindo para a melhoria da educação em nosso país.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato comigo pelo telefone 3499.5694 ou no endereço: Departamento de Química da UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte.

Finalmente, informo que esta pesquisa foi analisada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, ao qual você poderá recorrer livremente em qualquer eventualidade no endereço Unidade Administrativa II, sala 2005, Campus da UFMG ou pelo telefone 3499.4592.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Rosária da Silva Justi

Coordenadora do Projeto de Pesquisa

Autorização para realização de filmagens de aulas de Química

Declaro que, por estar ciente dos objetivos e das condições nas quais serão filmadas algumas aulas de Química da turma _____ do Colégio B, da qual meu filho / minha filha faz parte, autorizo a realização dessas filmagens.

Nome do(a) aluno(a): _____

Nome do responsável pelo(a) aluno(a): _____

Assinatura do responsável: _____

ANEXO V: MODELO DO PRIMEIRO QUADRO DE ANÁLISE ELABORADO

<u>Idéias sobre modelos</u>		
Fontes dos Dados	Categorias	Evidências
Entrevista 1	1.1) Natureza	✓ Vários modelos para um mesmo alvo;
	1.3) Uso	✓ Usa-se modelos para explicar algo;
DVD Encontro 190805	1.1) Natureza	✓ Fruto de um trabalho mental; ✓ Uma representação que explica;
	1.2) Entidade	✓ Algo abstrato (aquilo que não se vê);
	1.3) Uso	✓ Tem a função de explicar algo;
...	...	...
Após Encontro 020905 (questionário)	1.1) Natureza	✓ Modelos possuem limitações
	1.3) Uso	✓ Modelos e analogias devem ser usados com cuidado, considerando limitações e abrangências;
Entrevista 2	1.1) Natureza	✓ Não é o objeto modelado; ✓ Expressão de um trabalho mental;
	1.2) Entidade	✓ Objetos e idéias podem ser modelados;
	1.3) Uso	✓ Expressar/comunicar idéias a outros;
DVDs das Aulas	1.1) Natureza	✓ Considerou como válidos os diferentes modelos de seus estudantes;
	1.1) Entidade	✓ Modelou entidades abstratas e processo (mudança de estado).
	1.3) Uso	✓ Usou os modelos na prática para explicar a diferença entre ligações intra e intermoleculares.
Entrevista 3	1.1) Natureza	✓ Modelos não são a realidade;