

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO”  
CAMPUS BAURU  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A  
CIÊNCIA**

**CARLOS HUMBERTO ZULUAGA TRUJILLO**

**O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO (PCK) DO  
PROFESSOR DE QUÍMICA E SEU DESENVOLVIMENTO A PARTIR  
DA REFLEXÃO SOBRE OS MODELOS DE LIGAÇÃO QUÍMICA E  
SUA MODELAGEM**



**BAURU  
2017**

CARLOS HUMBERTO ZULUAGA TRUJILLO

**O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO (PCK) DO  
PROFESSOR DE QUÍMICA E SEU DESENVOLVIMENTO A PARTIR  
DA REFLEXÃO SOBRE OS MODELOS DE LIGAÇÃO QUÍMICA E  
SUA MODELAGEM**

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, como um dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência, sob a orientação do Prof. Dr. Luiz Antônio Andrade de Oliveira e a co-orientação da Prof. Dr. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani

**BAURU  
2017**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Zuluaga Trujillo, Carlos Humberto.

O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) do Professor De Química e seu desenvolvimento a partir da reflexão sobre os modelos de ligação química e sua Modelagem / Carlos Humberto Zuluaga Trujillo, 2017  
281 f. : il.

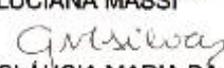
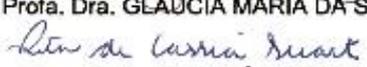
Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Andrade de Oliveira

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2017

1. 1. Formação de professores 2. Conhecimento Pedagógico do Conteúdo 3. Modelagem. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE CARLOS HUMBERTO ZULUAGA TRUJILLO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 28 dias do mês de março do ano de 2017, às 14:00 horas, no(a) Sala da Congregação do Instituto de Química - UNESP/Araraquara, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. LUIZ ANTONIO ANDRADE DE OLIVEIRA - Orientador(a) do(a) Departamento de Química Geral e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP/Araraquara, Prof. Dr. AMADEU MOURA BEGO do(a) Departamento de Química Geral e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP/Araraquara, Profa. Dra. LUCIANA MASSI do(a) Departamento de Didática / Faculdade de Ciências e Letras - UNESP/Araraquara, Profa. Dra. GLÁUCIA MARIA DA SILVA DEGRÊVE do(a) Departamento de Química / Universidade de São Paulo - USP, Profa. Dra. RITA DE CÁSSIA SUART do(a) Departamento de Química / Universidade Federal de Lavras - UFLA, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de CARLOS HUMBERTO ZULUAGA TRUJILLO, intitulada "**O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO (PCK) DO PROFESSOR DE QUÍMICA E SEU DESENVOLVIMENTO A PARTIR DA REFLEXÃO SOBRE OS MODELOS DE LIGAÇÃO QUÍMICA E SUA MODELAGEM**". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Prof. Dr. LUIZ ANTONIO ANDRADE DE OLIVEIRA  
Prof. Dr. AMADEU MOURA BEGO  
Profa. Dra. LUCIANA MASSI  
Profa. Dra. GLÁUCIA MARIA DA SILVA DEGRÊVE  
Profa. Dra. RITA DE CÁSSIA SUART

*A meus filhos Emmanuel e Karin por iluminar minha vida,  
À minha esposa Ingrid por seu amor companhia constante ainda nos momentos mais difíceis.  
A meus pais e minha irmã por estarem sempre firmes, apoiando-me em todas minhas escolhas  
A Deus que sempre me acompanha e guia pelo caminho certo.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que estiveram presentes, de alguma forma, durante este processo e, de forma especial:

Agradeço a meu Orientador, o professor Dr. Luiz Antônio Andrade de Oliveira, por seu apoio, acompanhamento e seus aportes constantes na melhora de este trabalho.

Agradeço a minha Coorientadora, a professora Dr. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani por seu apoio incondicional, no aspecto acadêmico e pessoal.

Aos professores membros da banca de qualificação: Professora Dr. Luciana Massi e o Professor Dr. Luiz Henrique Ferreira, que contribuíram com suas sugestões e questionamentos para melhorar o trabalho.

Ao professor Roberto Nardi, por seu apoio e amizade desde o começo do processo.

Ao grupo de professores do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, por compartilhar seus conhecimentos.

Ao Programa de bolsas de apoio a estudantes do exterior UNESP/PAEDEX em colaboração com a Associação Universitária Ibero-americana de Pós-graduação AUIP - pelo apoio financeiro, indispensável para desenvolver esta pesquisa.

À Universidade do Valle, Cali, Colômbia, por seu aval na postulação a este programa de bolsas.

Aos diretivos da Instituição educativa INEM por permitir-me desenvolver a pesquisa com o grupo de professores do Departamento de Ciências.

Ao grupo de professores participantes de este projeto por sua colaboração no processo de pesquisa.

A minha querida Amiga e colega Tatiana Iveth Salazar por sua amizade e apoio.

A meus colegas e amigos brasileiros com os que compartilhe durante o curso das disciplinas e minha estadia no Brasil Rafael, Francis, Hélio, Willian, Katia, dos quais tenho gratas lembranças.

Ao grupo de pesquisa Ensino de Química, Investigação Orientada, Linguagens e formação docente, por permitir-me participar e aprender deles.

A minha família sempre incondicional.

## RESUMO

Na presente pesquisa se identifica o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) como aquele conhecimento resultante da transformação de conhecimentos base do ensino que pode associar-se ao desenvolvimento profissional do professor. No propósito de caracterizar este conhecimento e promover seu desenvolvimento, o presente trabalho indaga sobre a identificação e desenvolvimento do PCK do professor de Química em relação ao tema Ligação química. Assumiu-se como princípio fundamental do desenvolvimento do PCK, o processo reflexivo em coletivos docentes, em relação à modelagem como estratégia didática no Ensino de Ciências, acompanhado do trabalho colaborativo na construção de uma unidade didática sob este mesmo enfoque. Metodologicamente esta pesquisa foi abordada segundo a perspectiva do estudo de caso, no qual foram selecionados dois estudos de caso, correspondentes a duas professoras participantes do processo formativo que representam casos de interesse particular, ao considerar aspectos como as diferenças em suas formações profissionais e suas experiências como professoras de Química. Na identificação do PCK das professoras foram utilizados dois instrumentos de reconhecida importância, a CoRe e os PaP-erS, cuja construção possibilitou a reflexão das professoras sobre seus conhecimentos. O processo formativo foi caracterizado pela discussão e a reflexão sobre diferentes temáticas relacionadas ao uso dos modelos e da modelagem no Ensino de Ciências, encaminhadas a mobilizar cada um dos componentes do PCK (MAGNUSSOM et al.,1999). No final do processo, utilizou-se novamente como instrumento de análise o desenvolvimento de uma CoRe e a análise da unidade didática construída pelo grupo colaborativo de professores. Estes dois instrumentos, ao serem contrastados com a informação obtida no começo do processo e as narrativas emergidas no desenvolvimento do mesmo, permitiram reconhecer o desenvolvimento do PCK. Assumiu-se como método de análise de dados a Análise Textual Discursiva (MORAES, 2003), método de particular interesse, considerando a natureza holística do PCK do professor, no qual se envolvem diferentes dimensões de seu conhecimento profissional. Através deste processo de análise foram reveladas características importantes em relação a cada um dos componentes do PCK e seu desenvolvimento. Do presente estudo derivam-se conclusões relacionadas com o valor dos processos de reflexão docente e a construção coletiva de conhecimento no desenvolvimento do PCK do professor; o valor da formação em processos de modelagem, no desenvolvimento de conhecimentos associados aos diferentes componentes do PCK; as relações encontradas no desenvolvimento de alguns componentes, com outros conhecimentos bases do ensino; as dificuldades conceituais dos professores no ensino da Ligação química e sua relação com os componentes do PCK e o caráter particular do PCK e seu desenvolvimento, sujeito a diferentes aspectos relacionados com o desenvolvimento profissional do professor.

**Palavras – chave:** Formação de professores. Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Modelagem. Processo Reflexivo, Análise Textual Discursiva. Ligação Química

## ABSTRACT

In this research, the Pedagogical Content Knowledge (PCK) is identified as the knowledge produced by the transformation of the teaching basic knowledge which can be related to the teacher's professional development. Aiming to characterize this knowledge and to promote its development, this investigation inquires into the identification and development of the Chemistry teacher's PCK in relation with the topic "chemical bonding". It was assumed as a fundamental principle of the development of the PCK, the reflective process in teaching groups, in relation to modeling as didactic strategy in Science Teaching followed by the collaborative work in the design of a didactic unit under the same approach. Methodologically, this investigation was approached from the perspective of case study in which two case studies were selected corresponding to two teachers who participated in the formative processes that represent cases of particular interest, when considering aspects such as differences in their professional development and their experience as Chemistry teachers. In the identification of the PCK of the teachers, two instruments of recognized importance were used, CoRe and the PaP-erS, whose elaboration made possible the reflection of the teachers on their knowledges. This formative process was characterized by the debate and reflection over different topics related with the use of models and the modeling in Science Teaching with the purpose of mobilizing each of the PCK components. (MAGNUSSOM et al., 1999). At the end of the process the CoRe was used again as analytical instrument of the development and the didactical unit analysis built by the collaborative group of teachers. These two tools, by being compared with the information obtained at the beginning of the process and the narratives that emerged during the development of the investigation, allowed the acknowledgment of the development of the PCK. As a method of data analysis the "discursive textual analysis" was used (MORAES, 2003) which is a method that has a particular interest considering the holistic nature of the teacher's PCK, in which different dimensions of their professional knowledge are involved. Through the analysis, researchers could recognize important characteristics regarding each one of the PCK components and their development. From this study, investigators could reach conclusions related to the value of the reflexive process of the teachers and the collective construction of the knowledge in the development of the PCK, with the basic knowledge's for teaching, the teachers' conceptual difficulties of teachers in the teaching of Chemical Bonding and its relation to the components of the PCK and the particular character of the PCK and its development, subject to different aspects related to the professional development of the teachers.

Key words: Teacher's Formation. Pedagogical Content Knowledge. Modeling. Reflexive Process. Discursive Textual Analysis. Chemical Bonding

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação (MRPA) proposto por Shulman (1987) e adaptado por Salazar(2005).....	31
Figura 2 Modelo de relação entre os domínios do conhecimento do professor .....	32
Figura 3. Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências Segundo Magnusson et al. (1999).....	35
Figura 4. Modelo Integrativo do PCK segundo Guess-Newsome (1999).....	42
Figura 5. Modelo Transformativo do PCK Guess-Newsome (1999).....	43
Figura 6. Rota metodológica para o processo de construção de modelos científicos. ....	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Propósitos das diferentes orientações para o Ensino de Ciências .....	36
Quadro 2. Características da instrução nas diferentes orientações para o Ensino de Ciências	36
Quadro 3. Alguns estudos relacionados com o PCK de professores em Química e seu desenvolvimento .....	46
Quadro 4. Momentos da pesquisa e instrumentos de coleta de dados.....	85
Quadro 5. Questões do questionário diagnóstico e seus objetivos .....	88
Quadro 6. Relação entre as categorias do PCK e as temáticas de reflexão.....	95
Quadro 7. Relação entre os componentes do modelo de unidade didática (SANCHEZ; VALCARCEL, 1993) e os componentes do PCK (MAGNUSSON et al.,1999) ..	108
Quadro 8. Codificação das unidades de análises de acordo com suas fontes.....	116
Quadro 9. Categorias e subcategorias de análises. ....	117
Quadro 10. Relação entre as perguntas da CoRe e as subcategorias do PCK.....	117
Quadro 11. Respostas a questão N° 2 da CoRe inicial professora Agatha.....	120
Quadro 12. Respostas dadas à pergunta N° 2 da CoRe final.....	125
Quadro 13. Respostas da professora Agatha questão N° 1 da CoRe inicial.....	130
Quadro 14. Comparação entre as ideias centrais na abordagem do tema ligação química antes e após do processo formativo.....	133
Quadro 15. Respostas da questão N° 1 e 2 da CoRe final expressando a primeira ideia central da professora Agatha em sua nova proposta curricular. ....	134
Quadro 16. Resposta da questão N° 6 da CoRe final na qual a professora expressa a segunda ideia central em sua nova proposta de ensino da temática ligação química. ....	135
Quadro 17. Respostas da professora Agatha à questão N° 6 da CoRe inicial.....	140
Quadro 18. Métodos de avaliação da professora Agatha em função da atividade realizada...	147
Quadro 19. Respostas da professora Agatha à questão na qual deve identificar entre diferentes entidades quais delas correspondem com modelos.....	155
Quadro 20. Atividades e momentos desenvolvidos em cada atividade sob a ideia "Como se explica a união dos átomos?" .....	160
Quadro 21. Atividades e momentos desenvolvidos sob a ideia "Quais são os tipos de ligação química?" .....	161
Quadro 22. Respostas à questão N° 2 da CoRe inicial professora Larissa.....	162
Quadro 23. Respostas dadas à pergunta N° 2 da CoRe final "Por que considera importante que os estudantes conheçam essa ideia?" .....	170

Quadro 24. Respostas da professora Larissa à questão N° 1 da CoRe inicial.....	175
Quadro 25. Comparação entre as ideias centrais na abordagem do tema ligação química na CoRe final e a unidade didática .....	179
Quadro 26. Respostas à questão da CoRe inicial da professora Larissa .....	183
Quadro 27. Respostas à questão N° 5 da CoRe final da professora Larissa .....	191
Quadro 28. Estratégias de avaliação identificadas na CoRe final .....	197
Quadro 29. Respostas da professora Larissa à questão na qual deve identificar entre diferentes entidades quais deles correspondem a modelos .....	204
Quadro 30. Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente orientações sobre o ensino de Ciências. ....	219
Quadro 31. Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente conhecimentos e crenças sobre o currículo de Ciências.....	221
Quadro 32. Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente conhecimento na compreensão dos estudantes sobre as Ciências.....	223
Quadro 33. Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências. ....	225
Quadro 34. Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente conhecimentos sobre estratégias no Ensino de Ciências.....	227

## LISTA DE APENDICES

APÊNDICE 1. Questionário Diagnostico .....	246
APÊNDICE 2. Cronograma do primeiro momento do processo formativo.....	248
APÊNDICE 3. Termos de consentimento livre e informado .....	249
APÊNDICE 4. Cronograma do segundo momento do processo formativo .....	251
APÊNDICE 5. Questões de reflexão encontro N° 1 .....	252
APÊNDICE 6. Guia empregada na atividade desenvolvida no encontro N° 2.....	253
APÊNDICE 7. Questões de reflexão encontro N° 4 .....	255
APÊNDICE 8. Questões de reflexão encontro N° 5 .....	256
APÊNDICE 9. Cronograma dos encontros desenvolvidos no terceiro momento de pesquisa .....	257

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Estrutura da CoRe.....	258
ANEXO 2. Unidade didática construída pelo grupo colaborativo de professores .....	259
ANEXO 3. Modelo de construção de unidades didáticas Sanchez e Valcarcel (1993) .....	273
ANEXO 4. Avaliação final das aprendizagens sobre a ligação química.....	274
ANEXO 5. Plano de aula das professoras .....	276

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1. DELINEANDO A TESE .....</b>	<b>20</b>
<b>1. O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO NO DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>
<b>1.1 O Conhecimento Profissional do professor .....</b>	<b>25</b>
1.1.1 O conhecimento do conteúdo .....	26
1.1.2 O conhecimento curricular .....	27
1.1.3 O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) .....	28
<b>1.2 A “base do conhecimento” para o ensino .....</b>	<b>28</b>
<b>1.3 O modelo de raciocínio pedagógico de Shulman .....</b>	<b>30</b>
<b>1.4. Conceituação do PCK segundo a perspectiva de Grossman (1990).....</b>	<b>32</b>
<b>1.5. Conceituação do PCK segundo a perspectiva de Magnusson e colaboradores .....</b>	<b>34</b>
1.5.1. Orientações para o ensino de Ciências .....	35
1.5.2. Conhecimentos sobre o currículo de Ciências.....	37
1.5.3. Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências. ....	38
1.5.4. Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.....	39
1.5.5. Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências. ....	40
<b>1.6 Modelo de formação e desenvolvimento do PCK de Guess-Newsome (1999).....</b>	<b>42</b>
<b>1.7. O valor do construto Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) na formação de professores.....</b>	<b>44</b>
<b>1.8. Pesquisas relacionadas com a identificação e desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo do professor sobre tópicos específicos de Química.....</b>	<b>45</b>
<b>2. MODELOS E MODELAGEM NAS CIÊNCIAS E NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>2.1 Uma visão da Ciência como modelos .....</b>	<b>52</b>
<b>2.2 Uma visão dos processos mentais como modelos.....</b>	<b>56</b>
<b>2.3 Modelos no Ensino de Ciências .....</b>	<b>60</b>
<b>2.4 Modelagem na Ciência e modelagem no Ensino de Ciências .....</b>	<b>62</b>
<b>2.5 A formação de professores de Ciências em Atividades de Modelagem em sala de aula .....</b>	<b>73</b>
<b>3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>75</b>

<b>3.1. Fundamentos metodológicos da pesquisa.....</b>	<b>75</b>
<b>3.2 Contexto geral da pesquisa e seleção do estudo de caso.....</b>	<b>78</b>
3.2.1 Contexto geral de pesquisa .....	78
3.2.2 Seleção do estudo de caso .....	79
3.2.3 A relação do pesquisador com os sujeitos de pesquisa .....	83
<b>3.3 Metodologia da coleta de dados.....</b>	<b>84</b>
3.3.1. Descrição dos instrumentos de coleta de dados .....	85
<b>3.4. Desenvolvimento da pesquisa. ....</b>	<b>90</b>
3.4.1 Primeiro momento. Apresentação do projeto e identificação do PCK inicial do professor .....	90
3.4.2 Segundo momento. A proposta de formação continuada.....	93
3.4.3. Descrição dos encontros reflexivos .....	95
3.4.4 Terceiro momento de pesquisa: A construção de uma unidade didática para o ensino da ligação química fundamentada na modelagem. ....	107
<b>3.5 Análises dos dados .....</b>	<b>111</b>
3.5.1 O método de análise: a Análise Textual Discursiva.....	111
3.5.2. Do roteiro de análise dos dados.....	114
<b>4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISE .....</b>	<b>120</b>
<b>4.1 O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo da professora Agatha e seu desenvolvimento.....</b>	<b>120</b>
4.1.1 Conhecimentos sobre as orientações para o ensino de Ciência.....	120
4.1.2 Conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências. ....	128
4.1.3 Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências. ....	138
4.1.4 Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.....	145
4.1.5 Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências. ....	149
<b>4.2 O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) da professora Larissa e seu desenvolvimento.....</b>	<b>162</b>
4.2.1 Conhecimentos sobre as orientações para o Ensino de Ciências.....	162
4.2.2 Conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências. ....	174
4.2.3 Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências. ....	182
4.2.4 Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.....	193
4.2.5 Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências. ....	199
<b>5. DISCUSSÕES .....</b>	<b>215</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>230</b>
<b>APENDICES E ANEXOS.....</b>	<b>245</b>

## APRESENTAÇÃO

A presente tese sobre o “O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) do professor de Química e seu desenvolvimento a partir da reflexão sobre os modelos de Ligação química e sua modelagem”, está relacionada diretamente com a minha trajetória pessoal, acadêmica e profissional.

Minha formação como professor começa desde muito novo, quando estudei na escola Normal Superior em minha cidade natal, Cali – Colômbia. As escolas denominadas “Normais” têm um importante reconhecimento histórico na educação de meu país, na formação de professores nos níveis de educação infantil e ensino fundamental primário.

Assim, em minha formação escolar no nível fundamental e médio tive uma orientação para o desenvolvimento das habilidades próprias do professor em sala de aula, cursando disciplinas relacionadas com saberes próprios da educação, como psicologia da aprendizagem, currículo, antropologia, fundamentos da educação, desenho de materiais educativos entre outros, e aplicando estes saberes na prática, em escolas de ensino fundamental da cidade.

Eu aprendi naquela época como realizar o planejamento de uma aula seguindo as diretrizes curriculares dos documentos do Ministério de Educação da Colômbia, seguir o livro didático, desenhar pôsteres, construir materiais com fins educativos e ministrar aula, numa sequência de quatro passos: motivar o aluno, elaborar as aprendizagens, aplicar o conhecimento e avaliação. Nesta sequência era muito importante manter o aluno motivado, conservando a disciplina e a ordem em sala de aula, considerados requisitos necessários para que os alunos aprendam.

Sem ter consciência disto nesse momento, eu me formei no saber técnico da educação e aprendi a técnica que precisava para ensinar. Eu vivenciava, sem sabê-lo, um dos aspectos da formação de professores, frente ao qual, no futuro, tomaria uma postura crítica: aquele no qual o saber do professor se reduzia ao domínio de uma técnica. Mas também, estava assistindo ao movimento pedagógico e de reformas no qual esta situação estava sendo objeto de reflexão e em processo de transformação.

Uma vez terminado o ensino médio no ano 1995, com dezesseis anos de idade, titulei-me como “Bachelier pedagógico”, título que me facultava atuar como professor de ensino infantil e fundamental. Mas eu ainda não tinha a certeza de que ser professor era minha verdadeira vocação, talvez pela minha pouca maturidade e conhecimento do que significava a profissão de docente.

Nesta procura que toda pessoa tem de sua vocação, eu comecei meus estudos na área da Química na Universidade do Valle, naquele momento a única universidade pública de minha cidade. Meu primeiro título de formação alcançado foi como Tecnólogo Químico no ano 2000. Com este primeiro título de formação eu decidi explorar o campo laboral e atuei como analista químico num laboratório farmacêutico. O trabalho como técnico na indústria, no contexto da produção, revelou-me que, além de meu gosto pela Química e as Ciências Naturais em geral, minha verdadeira vocação estava relacionada com as humanidades e o trabalho com pessoas. Por esta razão, decidi retornar à universidade e continuar minha formação profissional, frequentando o curso de Licenciatura em Química na Universidade do Valle Colômbia. No meu entender, esta carreira me permitiria integrar dois interesses, a educação e as Ciências. Assim, retomei meus estudos, aos quais subsidiei e acompanhei trabalhando paralelamente como professor de Química na escola noturna.

No processo de formação inicial como professor de Química eu comecei a explorar o campo da História e Epistemologia da Ciência. Através das disciplinas relacionadas com esta linha de pesquisa, conheci textos como “Estrutura das Revoluções Científicas” de Tomas Kuhn (1972) e a “Formação do Espírito Científico” de Gaston Bachelard (1988), que apresentavam outras visões da Ciência, diferentes daquelas em que eu fui formado. Além disso, conheci o valor da história da Ciência no ensino, particularmente nas análises históricas dos conceitos e a construção de propostas de ensino. Esta linha de pensamento me influenciou para que desenvolvesse o trabalho para alcançar o título de licenciado nesta área, produzindo uma sequência de aprendizagem do conceito de Fermentação a partir de sua análise histórica. O desenvolvimento deste trabalho me permitiu tomar consciência de meu interesse pela pesquisa educativa no Ensino de Ciências.

Formado como licenciado no ano 2003, comecei a trabalhar como professor de Ciências no ensino fundamental e de Química no ensino médio. No ano 2005 fui aprovado no concurso para atuar como professor de escola pública, e desde aquele ano sou professor de Ciências Naturais e Química na mesma escola.

No ano 2006, comecei meus estudos de Mestrado com um forte interesse em explorar em maior profundidade o emprego da história no ensino das Ciências, onde desenvolvi uma dissertação relacionada com a História e Epistemologia da Química no sequenciamento do conteúdo envolvido no conceito de Átomo. O desenvolvimento desta dissertação permitiu-me conhecer outros referenciais relacionados com a história e epistemologia das Ciências, como Poper (1962), Lakatos (1983) e Toulmin (1977). Além disso, permitiu-me reconhecer o valor da análise histórica como referencial teórico para o ensino.

Paralelo a meus estudos de mestrado, além de minha atuação como professor de ensino público na escola de ensino fundamental e médio, ministrei também aulas na Universidade do Valle sobre a didática da Química. A atuação nesses três níveis de ensino possibilitou-me reconhecer o contraste entre os conhecimentos sobre ensino desenvolvidos na universidade e a realidade das escolas de ensino fundamental e médio. A diversidade de conhecimentos que nas universidades são discutidos nas disciplinas dirigidas à formação inicial e de pós-graduação, assim como os conhecimentos gerados nos grupos de pesquisa ou os projetos que chegam à escola, muito pouco repercutem na geração de mudanças nos conhecimentos e práticas do professor em sala de aula.

O professor, na escola, se encontra afastado da maior parte de conhecimentos desenvolvidos em sua área, ou recusa a ideia de participar de forma ativa em processos que promovam a transformação de sua prática educativa. Assim, quando chegam projetos de qualificação docente à escola, o professor, na maioria dos casos, se recusa a participar, ou participa de uma forma na qual as mudanças promovidas nos processos de formação não se perpetuam no tempo; isto de algum modo pode representar uma problemática em seu desenvolvimento profissional. Pouco a pouco fui reconhecendo que grande parte da causa desta situação se encontra na desvalorização do trabalho do professor, no não reconhecimento de seus saberes e nas propostas de formação descontextualizadas das realidades educativas e do cotidiano do professor.

Com estas inquietações concluí meu mestrado no ano 2010 e comecei a participar do grupo interinstitucional de pesquisa “Ciência, Ações e Crenças” vinculado à Universidade Pedagógica Nacional e à Universidade do Valle. Neste processo participei do projeto de pesquisa “Um currículo alternativo para o ensino das Ciências”, que tinha como propósito pesquisar como o professor de Ciências elabora a construção de sua própria proposta curricular, através do processo de reflexão-ação.

Desenvolvi o projeto na escola em que atuo como professor, com o grupo de professores do Departamento de Ciências. Esta experiência permitiu-me reconhecer a necessidade do professor participar de processos de reflexão em coletivos de docentes, como fator determinante para o seu desenvolvimento profissional e a transformação de suas práticas educativas. Estes espaços ainda são muito limitados para os professores, os quais estão normalmente saturados de atividades que reduzem as possibilidades de reunir-se em coletivos que lhe permitam discutir, refletir e construir, ações essenciais em seu desenvolvimento profissional. Esta experiência como pesquisador fortaleceu meu interesse na pesquisa sobre o desenvolvimento profissional de professores em exercício.

No ano de 2012 participei da convocatória de bolsas de Doutorado na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, no Brasil, junto ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, na qual, felizmente, eu fui aprovado. Através das disciplinas cursadas no programa, fui explorando dois campos de interesse. Por um lado, o conhecimento da abordagem histórico-epistemológica da Ciência levou-me a reconhecer novas visões da Ciência, como a proposta no modelo cognitivo de Ciência de Giere (1988), na qual se salienta o valor dos modelos na Ciência e a modelagem como uma atividade central dos cientistas. Estas propostas permitem fundamentar o Ensino de Ciências a partir da perspectiva da modelagem dos fenômenos. Por outro lado, o interesse na formação do professor, particularmente na formação continuada, levou-me a procurar por referenciais que dão suporte à formação do professor e seu desenvolvimento profissional, particularmente a proposta de Shulman (1986).

A integração destes dois referenciais constitui o interesse da presente pesquisa, cujo objeto e propósitos são descritos com maior detalhe a seguir.

## DELINEANDO A TESE

Na literatura relacionada com a formação de professores é de reconhecida importância o construto teórico PCK (conhecimento pedagógico do conteúdo, sigla originária do termo inglês, *Pedagogical Content Knowledge*), proposto por Shulman (1986) como um dos componentes fundamentais do conhecimento base para o ensino, ou seja, dos conhecimentos que o professor precisa para seu exercício profissional. O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo refere-se à essa amalgama entre o conhecimento científico específico e a pedagogia, que permite ao professor transformar o conhecimento de um tema específico em poderosas formas de fazê-lo compreensível ao estudante. Destaca-se entre os outros tipos de conhecimentos por ser característico do professor, permitindo distinguir a compreensão do especialista numa área do saber e a compreensão do pedagogo (SHULMAN, 1987). Neste sentido, o desenvolvimento deste conhecimento pode ser relacionado diretamente com o desenvolvimento profissional do professor numa área específica do saber.

Desde sua divulgação por Shulman(1986), numerosos pesquisadores têm utilizado este construto teórico em diferentes áreas, integrando novos componentes e concebendo novas formas de interação entre eles. No Ensino de Ciências o modelo mais reconhecido foi proposto por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), no qual se descreve o PCK como o resultado da transformação do conhecimento da matéria ou conteúdo específico, o conhecimento pedagógico e o contexto que como tal, representa um domínio único do conhecimento do professor, nele se identificando os seguintes componentes: Orientações para o ensino de Ciência, conhecimentos sobre o currículo de Ciências, conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências, conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências e conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999).

As pesquisas no Ensino de Ciências neste domínio têm se caracterizado pela identificação, e documentação do PCK dos professores em diferentes conteúdo das Ciências, o que tem permitido desenvolver e validar diferentes instrumentos neste processo (LOUGHRAN; GUNSTONE; BERRY et al., 2004) e coletar um repertório de valiosas representações do conteúdo específico de importante utilidade no ensino (REYES; GARRITZ, 2006). Ao mesmo tempo, tem permitido reconhecer diferentes necessidades de formação dos professores, que têm surgido na preocupação de alguns autores nos processos onde está envolvido o desenvolvimento do PCK.

Neste caminho, diferentes autores (SHULMAM, 1987; MAGNUSSON et al., 1999; LOUGHRAN et al., 2004; DRECHSLER e VAN DRIEL, 2008; NILSSON, 2009; JUSTI; CHAMIZO; GARCIA et al., 2011; FERNANDEZ, 2015; entre outros) têm destacado a importância dos processos de reflexão como elemento crucial para desenvolver o PCK do professor. Na presente pesquisa, considera-se que a reflexão do professor em coletivos docentes, que possibilita interagir reflexivamente sobre seus conhecimentos e práticas de ensino, permite valorizar estes conhecimentos e introduzir novas propostas no Ensino de Ciências que, ao passar pelo processo de interpretação e reflexão do professor, podem ser levados à prática e promover o desenvolvimento do PCK.

No ensino da Química, uma das propostas mais interessantes que vem sendo reconhecida pela pesquisa na área remete à Modelagem como estratégia de ensino (JUSTI, 2006; IZQUIERDO, 2004). Esta proposta parte da valoração do papel dos modelos como ferramentas centrais do pensamento científico e da modelagem como uma das atividades principais da Ciência na construção de conhecimento (GIERE, 1988; JUSTI e GILBERT, 2002; IZQUIERDO, 2004;). Esta abordagem tem levado à reflexão sobre a importância da modelagem no ensino das Ciências, ao permitir aproximar o estudante do processo de como são construídos, transformados e comunicados os conhecimentos nas Ciências (CHAMIZO; FRANCO, 2010).

A modelagem no Ensino de Ciências é concebida como um processo que ocorre quando os alunos aprendem a fazer sentido sobre os fatos observados, construindo relações e explicações cada vez mais complexas (JUSTI, 2006). Os processos de modelagem, portanto, requerem a interação do aluno com fenômenos e o conhecimento em condições de ensino previstas para a concepção e desenvolvimento de modelos mentais dos alunos, de modo que eles sejam consistentes com o conhecimento compartilhado cientificamente (GRECA; MOREIRA, 1998).

Ligada aos desafios da modelagem no Ensino de Ciências encontra-se a falta de formação de professores neste domínio. A pesquisa em Ensino de Ciências tem evidenciado o pouco conhecimento dos professores sobre a importância dos modelos na Ciência e os processos de modelagem em sala de aula (VAN DRIEL; VERLOOP, 1998; JUSTI et al., 2002). A este respeito Justi (2011) concebe o conhecimento sobre os modelos na Ciência e os processos de modelagem na sala de aula como elementos-chave do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), que o professor deve possuir.

Para Justi et al. (2011) o conhecimento pedagógico do conteúdo sobre os modelos científicos e processos de modelagem em sala de aula estariam relacionados com a compreensão da natureza dos modelos na Ciência, o desenvolvimento de estratégias para o ensino dos modelos e o desenvolvimento de atividades de modelagem em sala de aula, o que implica num conhecimento da utilização dos modelos no ensino e de como os alunos constroem seus modelos e podem desenvolvê-los (JUSTI et al., 2011).

Identificar e desenvolver o conhecimento pedagógico do professor sobre os modelos na Ciência e os processos de modelagem na sala de aula constituem aspectos necessários à formação de professores em exercício, no entanto são abordados em poucas pesquisas (JUSTI et al., 2011). Em relação à formação continuada de professores, a pesquisa em Ensino de Ciências tem evidenciado que uma grande parte dos processos de formação continuada fracassam no objetivo de desenvolver mudanças nas concepções e nas práticas dos docentes, de modo a fazer com que os estes adotem as novas propostas de ensino (BRISCOE, 1991). Uma das causas desta situação é que os programas de formação continuada de professores encontram-se usualmente desarticulados e desligados da experiência e conhecimento do professor (MARCELO, 1999).

Neste sentido, o desenvolvimento de um processo de formação continuada de professores deve permitir a geração de processos de reflexão sobre os conhecimentos e práticas do professor que possibilitem que seu sistema de ideias, crenças e conhecimentos se desenvolvam de modo progressivo, aproximando-se aos marcos teóricos de referência atuais no Ensino de Ciências.

Reconhecendo a amplitude do conceito de modelos em Química como tema de pesquisa, focou-se o interesse no ensino do modelo de ligação química, reconhecendo a importância do ensino deste conceito na compreensão da Química, as dificuldades no seu ensino e aprendizagem, as próprias dificuldades conceituais do professor neste conceito, e a importância que pode ter a modelagem como estratégia de ensino na compreensão do mesmo.

Em relação com o anteriormente exposto, define-se a seguinte questão que orienta os pressupostos teóricos e metodológicos desta pesquisa:

*- Como o processo reflexivo em torno dos modelos de ligação química e sua modelagem na sala de aula permite o desenvolvimento do PCK do professor de Química?*

Tendo em consideração esta questão define-se o seguinte objetivo geral de pesquisa:

1. Reconhecer e analisar como se desenvolve o PCK do professor de Química, através de um processo de formação que se fundamenta na reflexão sobre os modelos de ligação química e sua modelagem em sala de aula

Atendendo este objetivo geral são definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar e caracterizar o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) do professor de Química sobre a ligação química e seus modelos.
2. Desenvolver um processo de reflexão com um grupo de professores sobre os modelos e a modelagem no Ensino de Ciências, no qual se reconheça seus conhecimentos e práticas no ensino dos modelos químicos e, em particular, no ensino de modelos de ligação química e suas modelagens na sala de aula.
3. Promover o trabalho em grupos colaborativos de professores em relação à construção, desenvolvimento e reflexão pedagógica sobre uma proposta de ensino e aprendizagem relacionados com os modelos de ligação química, a partir da perspectiva da modelagem como estratégia de ensino.
4. Identificar o desenvolvimento apresentado no PCK do professor em relação aos modelos de ligação química e sua modelagem na sala de aula.

Formuladas estas questões e objetivos de pesquisa, para compreender a estrutura da pesquisa apresenta-se em seguida, de forma sucinta, o conteúdo de cada um dos capítulos.

No Capítulo 1, sob o título “O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo no Desenvolvimento Profissional do professor de Ciências”, são apresentados os fundamentos teóricos relacionados com o desenvolvimento profissional do professor e sua relação com o PCK, a partir da proposta de Shulman (1986), complementada por Grossman (1990) e Magnusson et al. (1999). Além disso, se indaga sobre como identificar e desenvolver o PCK, apresentando brevemente algumas pesquisas realizadas sob este referencial, que permitem reconhecer elementos importantes em função deste propósito.

No capítulo 2, intitulado “Modelos e modelagem nas Ciências e no Ensino de Ciências”, tenta-se definir os fundamentos teóricos da modelagem no Ensino de Ciências, o qual envolve o reconhecimento do que significa os modelos e a modelagem na Ciência, e a visão da Ciência dentro da qual se inscreve este significado; o conceito de modelo mental como conceito que permite fundamentar como acontecem os processos de cognição humana, e finalmente o significado dos modelos e a modelagem no Ensino de Ciências.

No Capítulo 3 são abordados os fundamentos metodológicos da pesquisa, no qual são apresentados os momentos do processo, são descritos os instrumentos utilizados na coleta de dados, o processo de formação proposto em cada um de seus momentos, a Análise Textual Discursiva como método de análise de dados e as categorias de análise definidas a partir da proposta de Magnusson et al. (1999).

No capítulo 4 são apresentados os dados obtidos e suas análises, com a finalidade de identificar o PCK dos professores em estudo em cada um dos seus componentes, durante o começo, desenvolvimento e final do processo formativo, o que permitirá elaborar interpretações e inferências sobre o desenvolvimento do PCK dos professores sujeitos de estudo.

No capítulo 5 sob o título “Discussões” desenvolve-se uma síntese dos resultados obtidos para cada uma das professoras sujeitos de estudo, que permite comparar os resultados do processo nas duas professoras e emitir algumas considerações frente ao processo.

Finalmente no capítulo 6 apresentam-se as conclusões da pesquisa, reconhecendo os resultados obtidos, relacionando-os com as questões de pesquisa propostas e os objetivos projetados, assim como a reflexão sobre suas limitações e novas questões que surjam da pesquisa, precursoras de novos processos que podem ser abordados em pesquisas futuras.

# 1. O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO NO DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS

## 1.1. O Conhecimento Profissional do professor

Uma das grandes preocupações da pesquisa educativa nos últimos anos está relacionada com a formação de professores de Ciências para os diferentes níveis de ensino. Os estudos neste campo partem do reconhecimento do que historicamente tem sido concebido sobre a formação do professor, desde visões reducionistas, nas quais o professor foi considerado como um técnico dedicado à transmissão de conhecimentos, para a qual só precisava ter conhecimentos instrumentais sobre seu atuar na sala de aula, e um bom conhecimento da disciplina de ensino.

Na superação destas visões reducionistas sobre o trabalho do professor é necessário reconhecer que o professor, tal como outros profissionais de diferentes áreas, tem um conhecimento próprio que caracteriza e identifica seu trabalho, o que permite seu exercício como profissional. A identificação do Conhecimento Profissional do professor e seu desenvolvimento se constitui numa das principais preocupações das pesquisas relacionadas com a formação de docentes e seu desenvolvimento profissional.

Assim, reconhece-se no contexto norte-americano os estudos de Lee S. Shulman como pioneiros na pesquisa sobre o Conhecimento Profissional do professor. Para Shulman (1986) a necessidade de profissionalizar o ensino passa pela definição de um *corpus* de conhecimento que o professor deve possuir para ensinar. O início de seu trabalho remonta ao ano de 1983, quando proferiu uma palestra na Universidade do Texas, intitulada "O paradigma perdido em pesquisas sobre o ensino". O autor propôs no final de sua apresentação que esse paradigma é a interação realizada pelos professores entre o estudo da disciplina e a pedagogia.

Shulman (1986) liderou, com seu grupo de pesquisa, o projeto "Desenvolvimento do conhecimento numa profissão: Desenvolvimento do conhecimento no ensino". O projeto apresentava como propósito o desenvolvimento de um marco teórico que permitiria explicar e descrever os componentes do "conhecimento base" para o ensino. O grupo de pesquisa estava interessado em pesquisar o conhecimento profissional durante a formação do professor e como transformar o conhecimento em representações didáticas que fossem úteis no ensino.

Para abordar esta proposta, Shulman (1986) levantou questões iniciais, que se referem à transição do estudante universitário de sucesso que se torna um novo professor, tais como: Como um estudante universitário de sucesso que se torna novo professor, transforma seus

conhecimentos disciplinares de uma forma que os alunos do ensino médio possam entender? Quais são as fontes de analogias, metáforas, exemplos, demonstrações e reformulações que o professor utiliza em sala de aula? Como os professores se apropriam de um fragmento de um texto e transformam o seu entendimento numa instrução que os alunos possam entender? (GARRITZ; TRINIDAD, 2004).

Três anos depois, Shulman (1986) publicou os primeiros resultados dos estudos sobre a interação entre o conteúdo temático da disciplina e da pedagogia, no artigo intitulado “*Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching*”. Neste trabalho, Shulman (1986) argumenta que para localizar o conhecimento que se desenvolve na mente dos professores é necessário distinguir três tipos de conhecimento: o conhecimento do conteúdo temático do material, o conhecimento curricular e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK).

Entre estes tipos de conhecimentos, destaca-se o conhecimento pedagógico do conteúdo como aquele que permite distinguir com maior probabilidade entre a compreensão do especialista numa área do saber e a compreensão do professor (SHULMAN, 1986, p. 175), ou seja, o PCK é o conhecimento que diferencia o professor como profissional de ensino. A seguir, descrevemos cada um de estes conhecimentos propostos por Shulman (1986), com especial ênfase no PCK.

### *1.1.1. O conhecimento do conteúdo*

Refere-se à quantidade e organização do conhecimento por si mesmo na mente do professor. Para pensar corretamente sobre o conhecimento do conteúdo é necessário ir além do conhecimento de fatos ou conceitos em um domínio disciplinar; é necessário entender a estrutura da disciplina e as diferentes formas em que a disciplina pode ser organizada para seu ensino.

De acordo com Schwab (1978, apud SHULMAN, 1986), estas estruturas incluem o aspecto substantivo e sintático. O aspecto substantivo faz referência à variedade de maneiras em que os conceitos e princípios básicos da disciplina são organizados para incorporar os seus fatos. A estrutura sintática de uma disciplina é o conjunto de formas nas quais são estabelecidas a verdade ou falsidade, validade ou invalidade de qualquer afirmação sobre um determinado fenômeno.

Por exemplo, numa disciplina como a Química, existem diferentes formas de organizar o conteúdo disciplinar para seu ensino. Uma possibilidade pode ser o estudo da Química desde o estudo dos átomos e moléculas (nível submicroscópico), até o estudo dos fenômenos químicos a nível macroscópico; outra possibilidade é explorar o fenômeno a nível macroscópico para

logo caminhar para o estudo do que acontece ao nível dos átomos e moléculas. Existem também propostas para uma organização da Química a partir de uma visão histórica, estruturando diferentes níveis de organização dos conceitos químicos (JENSEN, 1998), ou o estudo da Química a partir de seus modelos (SUCKLING, 1987). Na atualidade, são propostas novas estruturas utilizando núcleos temáticos que permitem o estudo dos conceitos químicos em fenômenos contextualizados, explorando as diversas interações CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio ambiente). Na visão de Shulman (1986) um bom professor de Química deve ser capaz de reconhecer as diferentes formas de organizar o conhecimento químico para seu ensino e selecionar a mais adequada em relação às circunstâncias que se apresentam.

O mesmo professor também deve compreender a sintaxe da Química: Quando diversas interpretações concorrentes são oferecidas em relação ao mesmo fenômeno químico, como a controvérsia entre as diferentes interpretações pode ser solucionada? Como controvérsias semelhantes podem ser julgadas em nosso cotidiano? Para Shulman (1986) os professores devem poder definir para os alunos as verdades aceitas em um domínio disciplinar, além de serem capazes de explicar por que uma proposição particular é considerada justificada nesse domínio e como se relaciona com outras proposições, tanto no interior da disciplina como fora, tanto na teoria como na prática (SHULMAN, 1986).

### *1.1.2. O conhecimento curricular*

É o conhecimento sobre o currículo, que Shulman (1986) define como:

[...] o conjunto de programas elaborados para o ensino de temas específicos e tópicos em um nível dado, a variedade de materiais instrucionais disponíveis relacionados a estes programas e sobre o conjunto de características que servem tanto como indicações ou contra-indicações para o uso de um currículo em particular, ou programas em circunstâncias particulares (SHULMAN, 1986, p. 10, tradução nossa).

O conhecimento curricular, para Shulman (1986), é a fonte a partir da qual o professor representa um repertório de elementos que lhe permite a tomada de decisões adequadas em relação ao ensino de um tema específico num curso, assim como estabelece também relações de forma coerente, entre o ensino de uma temática com outras temáticas fora da disciplina e em diferentes cursos e níveis, o que se denomina coerência horizontal e vertical.

Desde a perspectiva de Shulman (1986) o conhecimento curricular vai mais além do conhecimento da estrutura da disciplina em seu aspecto substantivo e sintático, já que o conhecimento do currículo está representado pela compreensão da variedade de materiais desenvolvidos para o ensino o que inclui: materiais para o ensino (livros didáticos, textos alternativos, software, programas, materiais visuais, filmes, demonstrações de laboratório); as

normatividades e propostas curriculares vigentes; os planos de estudo; a articulação dos conteúdos aos objetivos de ensino e sua avaliação; a relação entre os conteúdos de um determinado curso ou nível e sua relação com outros cursos.

### 1.1.3. *O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)*

Shulman (1986) definiu o conhecimento pedagógico do conteúdo como:

[...] aquele que vai além do conhecimento da matéria em si, para a dimensão do conhecimento da matéria para o ensino. Eu ainda falo de conhecimento de conteúdo aqui, mas de uma forma particular de conhecimento de conteúdo que incorpora os aspectos de conteúdo mais pertinentes a seu ensino. Dentro da categoria de conhecimento pedagógico do conteúdo, incluo, para os tópicos mais regularmente ensinados na área da disciplina, as formas mais úteis de representação dessas ideias, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações, em uma palavra, as maneiras de representar e formular o conteúdo que o tornam compreensível para os outros. Como não há formas únicas de representação mais poderosas, o professor deve ter à mão um verdadeiro arsenal de formas alternativas de representação, algumas derivadas da pesquisa, enquanto outras se originam da sabedoria da prática (SHULMAN, 1986, p. 9, tradução nossa).

O PCK refere-se a essa amalgama entre o conhecimento e a pedagogia que permite ao professor transformar o conhecimento de um tema específico, em poderosas formas de fazê-lo compreensível ao estudante. Tomando a proposta de Shulman (1986), no Ensino de Ciências, o conhecimento pedagógico do conteúdo se compõe de um sistema interativo que vincula os tópicos e os conteúdos das Ciências e os modos de representar e formular o conteúdo de forma a torná-lo compreensível para os outros. Inclui também aquilo que faz a aprendizagem de uma determinada disciplina fácil ou difícil, ou seja, o conhecimento sobre as dificuldades da aprendizagem e as concepções alternativas dos estudantes, além do conhecimento de estratégias de ensino para ajudar os alunos a superar suas dificuldades.

## 1.2. A “base do conhecimento” para o ensino

Em 1987 Shulman, num ensaio denominado “Conhecimento e ensino”, desenvolve, de modo mais amplo, a ideia do “conhecimento base” para o ensino; nele propõe que se fosse necessário organizar o conhecimento do professor, este deveria definir-se pelos menos em sete categorias:

- Conhecimento do conteúdo temático da disciplina ou curso.
- Conhecimento pedagógico geral
- Conhecimento curricular.
- Conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK).
- Conhecimento dos alunos e suas características.

- Conhecimento do contexto educacional.
- Conhecimento das metas, objetivos, valores educativos e suas bases filosóficas e históricas.

Dentro destas categorias Shulman (1987) salienta a importância do PCK entre as demais, sobre o qual indica que:

Entre essas categorias, o conhecimento pedagógico do conteúdo é particularmente interessante, pois identifica as origens distintas do conhecimento para o ensino. Representa a mistura da matéria a ensinar e pedagogia pela que se chega a uma compreensão de como determinados temas e questões são organizados, representados e adaptados aos diversos interesses e capacidades dos alunos, e apresentados no ensino. O conhecimento pedagógico do conteúdo é a categoria que permite distinguir com maior probabilidade entre a compreensão do especialista numa área do saber e a compreensão do pedagogo (SHULMAN, 1987, p. 8, tradução nossa).

Assim, entre os conhecimentos que Shulman (1987) define como “a base do conhecimento para o ensino”, o conhecimento pedagógico de conteúdo PCK tem uma especial importância, sendo o foco de numerosas pesquisas em educação para as quais este construto provê um marco de referência amplo, que permite estudar e caracterizar o conhecimento e a prática do professor numa disciplina em particular.

A partir da interpretação de Mizukami (2004) a categoria do PCK proposta por Shulman (1987) é interpretada como:

(...) conhecimento de importância fundamental em processos de aprendizagem da docência. É o único conhecimento pelo qual o professor pode estabelecer uma relação de protagonismo. É de sua autoria. É aprendido no exercício profissional, mas não prescinde dos outros tipos de conhecimentos que o professor aprende via cursos, programas, estudos de teorias, etc. É importante, por fim, que se considere que, embora Shulman não coloque em forma destacada o conhecimento da experiência como uma categoria da base de conhecimento, a experiência está presente em todo o processo de raciocínio pedagógico, a ser considerado a seguir, e é condição necessária (embora não suficiente) para a construção do conhecimento pedagógico do conteúdo por parte do professor (MIZUKAMI, 2004, p. 5)

Na interpretação de Mizukami (2004), além de salientar a importância do PCK na formação de professores, se desenvolve a ideia da importância do conhecimento experiencial e a reflexão sobre este conhecimento como elemento necessário na construção e desenvolvimento do PCK.

Esta ideia já se encontra presente na proposta inicial de Shulman (1987). Para o autor há pelo menos quatro fontes principais, a partir das quais, constrói-se e se desenvolve gradualmente o “conhecimento base” para o ensino, e com ele o PCK: 1) a formação acadêmica na disciplina para ensinar; 2) os materiais e o entorno do processo educativo institucionalizado (por exemplo, currículos, livros didáticos, organização escolar e a estrutura da profissão

docente); 3) os estudos acadêmicos sobre educação dedicados a compreender os processos de escolaridade, ensino e aprendizagem 4) a sabedoria advinda da própria prática.

### **1.3. O modelo de raciocínio pedagógico de Shulman**

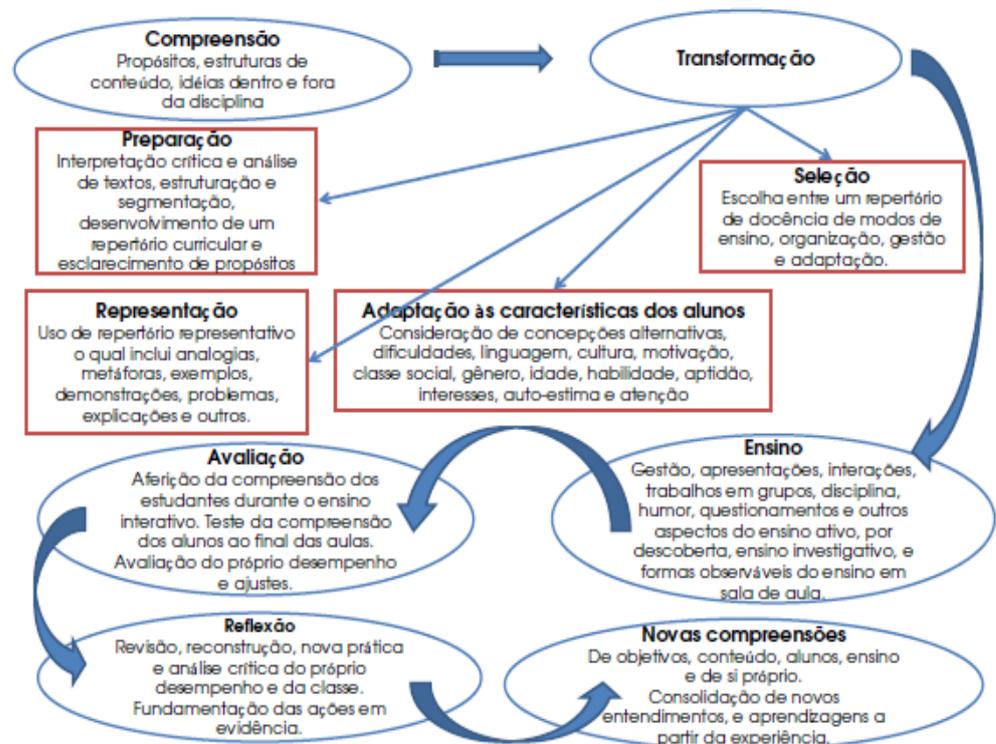
Shulman (1987) investigou, através de estudos de caso, tanto professores experientes bem-sucedidos em seu trabalho como professores novatos, em início de carreira. Ele observou como os professores novatos evoluíram para professores especialistas. O professor novato investe a maior parte de seus recursos cognitivos na compreensão do tópico a ser desenvolvido com os alunos; o professor experiente já entende o substantivo e o sintático de sua disciplina, e investe seus recursos cognitivos para refletir sobre aspectos como o conteúdo do tema, metas e objetivos a serem alcançados, requisitos para a aprendizagem do tema, concepções alternativas dos estudantes, estratégias gerais para o ensino do tema, atividades para ensinar o assunto, além de métodos de avaliação adaptados para o tema. Assim, parece que o PCK dos professores experientes é diferenciado.

A partir desta pesquisa Shulman (1987) projetou um modelo de raciocínio e ação pedagógica que vincula a compreensão, julgamento e ação, ou seja, o professor pode transformar a compreensão, as habilidades e atitudes em representações ou ações pedagógicas. Como consequência, para os professores desenvolverem o PCK em um tópico específico, devem desenvolver o processo educativo em um ciclo interativo que implica os seguintes processos: compreensão, transformação, instrução, avaliação, reflexão e nova compreensão. A compreensão está presente tanto no início quanto no final do processo de raciocínio pedagógico, sob a forma de nova compreensão do que foi ensinado. Este conjunto de conhecimentos permite ao professor a tomada de decisões, tanto a nível curricular como a nível instrucional.

As decisões no nível curricular começam com o planejamento do ato educativo, momento no qual se estrutura e seleciona os conteúdos a ensinar, são previstos os padrões de raciocínio que se visa que os alunos desenvolvam, definem-se os objetivos a serem alcançados através do ensino, e se identificam as possíveis dificuldades que podem se apresentar no processo de ensino e na aprendizagem dos alunos. As decisões no nível instrucional referem-se às estratégias gerais para ensinar a disciplina e, em particular, às estratégias do conteúdo selecionado (analogias, metáforas, demonstrações, explicações e atividades).

O modelo de raciocínio pedagógico proposto por Shulman (1987) está resumido no esquema apresentado na Figura 01.

**Figura 1.** Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação (MRPA) proposto por Shulman (1987) e adaptado por Salazar(2005)



Fonte: Salazar (2005)

O modelo de raciocínio pedagógico representa uma série de processos que podem tomar lugar no processo reflexivo do professor, sobre seu atuar no ensino e que podem levar a uma nova compreensão sobre os conteúdos, a matéria a ensinar, os alunos e os processos pedagógicos desenvolvidos. Shulman (1986) argumenta, que o professor deve ser capaz de demonstrar que pode participar destes processos, além disso, que a formação de professores deve fornecer os modos de compreensão e as habilidades de desempenho que sejam necessárias para progredir através do raciocínio e chegar a executar um ato completo de ensino, do modo como é apresentado no modelo, que possibilite o desenvolvimento contínuo de seu conhecimento para o ensino e, portanto, seu desenvolvimento profissional.

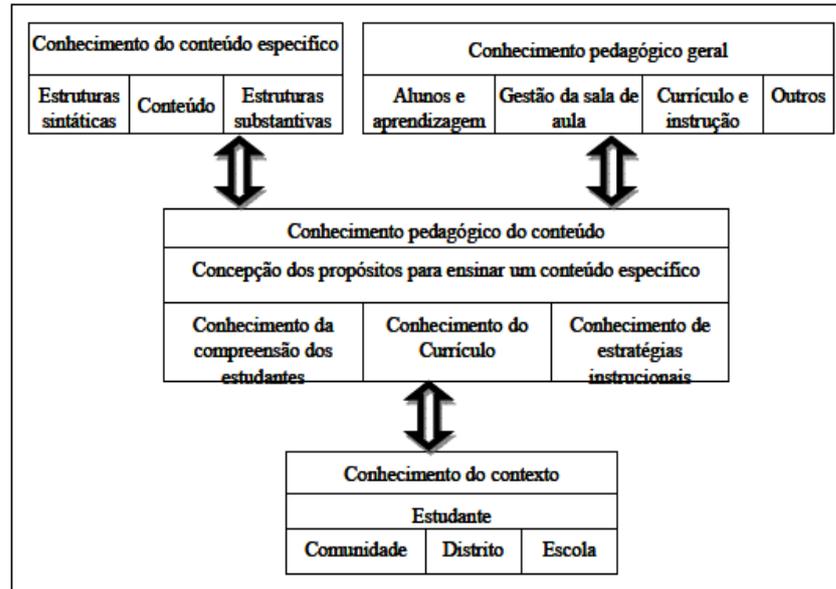
A proposta de Shulman (1986), e em particular o conhecimento pedagógico do conteúdo PCK, tem tido uma importante repercussão na pesquisa sobre formação de professores (GESS-NEWSOME, 1999). Nesse sentido, a partir dela tem-se apresentado diferentes propostas que pretendem definir quais são os conhecimentos que constituem o PCK. Entre a variedade de propostas são apresentadas, a seguir, as propostas de Grossman (1990) e de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) que complementam a proposta geral de Shulman (1986). Em particular, destaca-

se e desenvolve a proposta de Magnusson et al. (1999), direcionada segundo a perspectiva particular do Ensino de Ciências.

#### 1.4. Conceituação do PCK segundo a perspectiva de Grossman (1990)

Grossman (1990), que foi orientada por Shulman em seu trabalho de doutorado, trabalhou com o PCK de professores de inglês e analisou como os cursos específicos de formação sobre um tópico em particular condicionam o desenvolvimento da PCK desses professores. Grossman (1990) considera que a conceituação da base de conhecimento para o ensino, ao longo do tempo, passou por uma evolução gradual nas categorias que o compõem. Assim propõe que existem quatro categorias gerais que podem ser vistas como os pilares da pesquisa sobre o conhecimento do professor, que são: conhecimento pedagógico geral; conhecimento do conteúdo; conhecimento pedagógico do conteúdo e conhecimento do contexto. As relações entre essas categorias são resumidas em esquema apresentado na Figura 02.

**Figura 2** Modelo de relação entre os domínios do conhecimento do professor



Fonte: Grossman (1990).

Para Grossman (1990) o conhecimento pedagógico do conteúdo ocupa um papel central no conhecimento do professor, sendo o resultado da interação entre o Conhecimento do conteúdo específico, o conhecimento pedagógico, e o conhecimento do contexto. Este por sua vez, interage com cada uma destas categorias, em particular. Grossman (1990), salienta o papel do conhecimento do contexto que permite aos professores adaptarem suas propostas às

demandas específicas dos estudantes. Para Grossman (1990) o PCK é um sistema composto pelos seguintes elementos:

- Conceção sobre os propósitos para ensinar um conteúdo específico, o que determinam as metas que o professor define para o ensino.
- Conhecimento da compreensão dos estudantes, o qual permite ao professor reconhecer o conhecimento prévio do estudante, antecipar as dificuldades na aprendizagem do conteúdo, e desenvolver estratégias para sua superação.
- Conhecimento do currículo, que permite ao professor a seleção e organização do conteúdo para o ensino.
- Conhecimento de estratégias instrucionais, o que permite o desenvolvimento de estratégias para o ensino que permitam a superação das dificuldades na aprendizagem dos estudantes.

Segundo Grossman (1990), ainda que todos estes elementos tenham fundamental relevância no PCK, o conhecimento que condiciona os demais são as crenças ou concepções do professor sobre o ensino da matéria a ensinar. Estes se refletem nos propósitos de ensino. Esta foi uma das conclusões de seu trabalho com professores de inglês, onde verificou-se que em professores com um conhecimento similar do conteúdo, as diferenças nas concepções sobre o ensino da matéria condicionaram as decisões curriculares e instrucionais para o ensino do conteúdo.

Algumas outras conclusões do trabalho têm relação com a influência da formação do professor em seu PCK. Professores com uma maior preparação sobre o currículo e a pedagogia de sua disciplina têm menores dificuldades no reconhecimento das dificuldades na compreensão dos estudantes, e no desenvolvimento de estratégias adequadas de ensino. Os professores com maior experiência têm um maior repertório de formas úteis de representação do conteúdo, analogias, ilustrações, exemplos e demonstrações, ou seja, os modos de representar e formular um tópico, e o fazer compreensível aos demais, em relação aos professores novatos, que apenas apresentam este conhecimento representacional do conteúdo em desenvolvimento.

O Modelo de relação entre os domínios do conhecimento do professor, e os quatro componentes do PCK propostos por Grossman (1990) se constituem num referencial fundamental no momento de indagar e identificar o PCK do professor, assim como ao

desenvolver processos de formação de professores. Esta perspectiva tem sido utilizada amplamente na pesquisa educacional em diferentes contextos e disciplinas (FERNANDEZ, 2015). Contudo, os trabalhos pioneiros de Grossman (1990) foram pensados no estudo do PCK de professores de língua Inglesa, razão pela qual se considera importante reconhecer outras propostas como a estabelecida por Magnusson, Krajcik e Borko (1999) que tem uma maior afinidade com esta pesquisa, uma vez que foi desenvolvida na formação de professores Ciências. O modo como estes autores definem o PCK é apresentado a seguir.

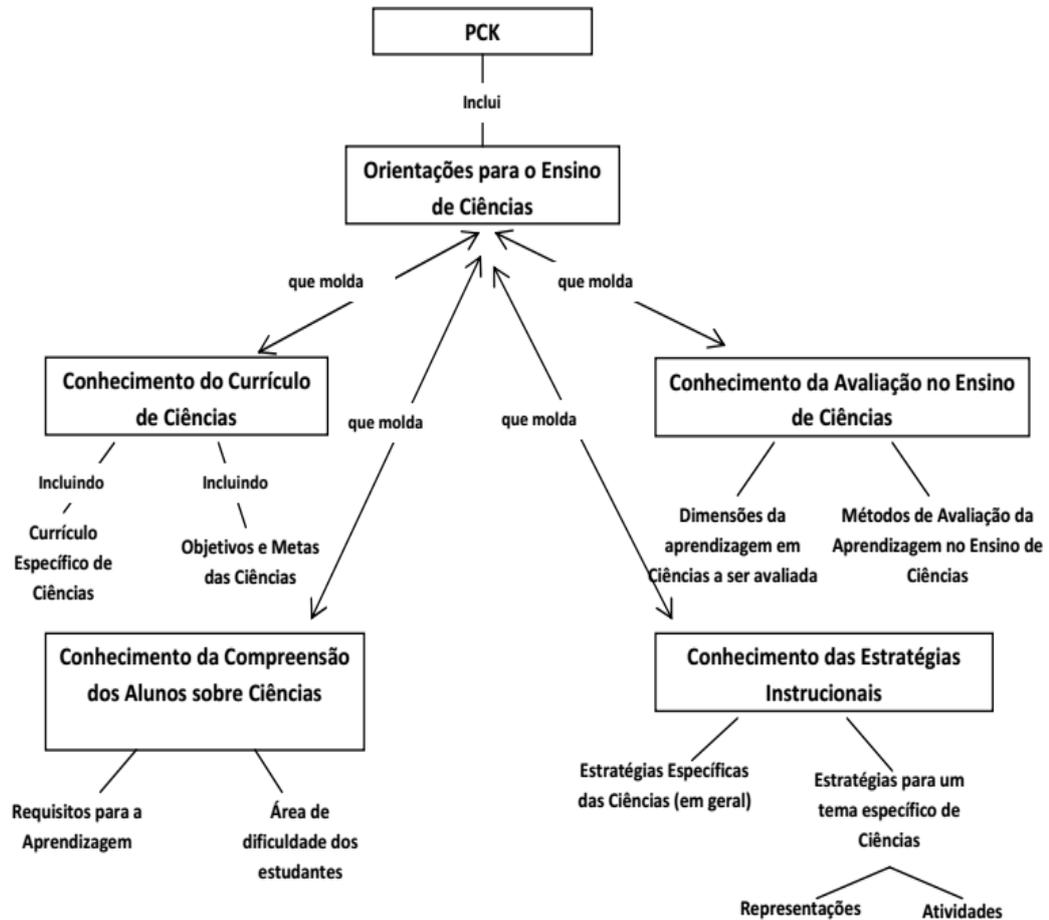
### **1.5. Conceituação do PCK segundo a perspectiva de Magnusson e colaboradores**

Estes autores tomaram como fundamento a proposta de Shulman (1986) e Grossman (1990), e desenvolveram sua proposta focalizando o estudo na natureza e o desenvolvimento do PCK em professores de Ciências. Magnusson et al. (1999) conceituaram o PCK a partir da definição de Grossman (1990) como o resultado da transformação do conhecimento da matéria ou conteúdo específico, o conhecimento pedagógico e o contexto. Estabelecendo uma relação recíproca entre este conhecimento resultante e os conhecimentos base que o constituem. Contudo, Magnusson et al. (1999) propõem um componente adicional à proposta de Grossman (1990), com o qual os componentes desta proposta são:

- 1. orientações para o ensino de Ciência.
- 2. conhecimentos sobre o currículo de Ciências.
- 3. conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências.
- 4. conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.
- 5. conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências.

Na Figura 03 apresentada a seguir, são descritos cada um dos componentes do PCK propostos por Magnusson et al. (1999) e suas interações.

**Figura 3.** Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências Segundo Magnusson et al. (1999)



Fonte: Fernandez (2015).

### 1.5.1. Orientações para o ensino de Ciências

Este componente do PCK se refere aos conhecimentos e crenças acerca dos propósitos e metas do Ensino de Ciências em um grau ou nível particular. Uma orientação representa uma forma geral de ver ou conceituar o Ensino de Ciências. O significativo deste componente é que os conhecimentos e crenças servem como um “mapa conceitual” que guia as decisões instrucionais acerca de temas como objetivos, o conteúdo das atividades dos estudantes, o uso de livros e materiais curriculares, e a avaliação da aprendizagem dos estudantes (MAGNUSSON et al., 1999).

Magnusson et al. (1999) apontam nove orientações para o Ensino de Ciências: processo, rigor acadêmico, didática, mudança conceitual, atividade dirigida, descoberta, Ciência baseada em projetos, investigação e investigação guiada. Estas orientações estão resumidas nos Quadros

1 e 2. No Quadro 1 são apresentadas as orientações para o Ensino de Ciências relacionadas com seus propósitos de ensino e no Quadro 2 as características do processo de instrução. Uma leitura destes dois quadros permite encontrar uma estreita relação entre estes dois aspectos.

**Quadro 1.** Propósitos das diferentes orientações para o Ensino de Ciências

<b>Orientação</b>	<b>Propósitos do Ensino de Ciências</b>
Processos	Ajudar os alunos a desenvolver habilidades científicas para os processos das Ciências.
Rigor Acadêmico	Representar um corpo particular de conhecimento (ex. Química)
Didática	Transmitir fatos da Ciência
Mudança conceitual	Facilitar o desenvolvimento do conhecimento científico através do confronto dos alunos, gerado em contextos problematizados, nos quais deve superar suas concepções ingênuas.
Atividade dirigida	Focalizar na atividade dos estudantes através da experimentação
Descoberta	Oferecer oportunidades aos estudantes para que eles possam descobrir os conceitos científicos.
Ciência baseada em projetos	Envolver os estudantes na pesquisa da solução de autênticos problemas.
Investigação	Representar a Ciência como uma pesquisa
Pesquisa orientada	Constituir uma comunidade de aprendizes, os quais compartilham a responsabilidades para compreender o mundo físico, particularmente com respeito ao uso das ferramentas da Ciência.

Fonte: Magnusson et al. (1999) (tradução nossa).

Ao comparar as características do processo de ensino em diferentes orientações, pode-se reconhecer que algumas estratégias de ensino podem ser utilizadas em mais de uma orientação, ainda que com diferentes propósitos. Assim, a orientação não se define pelo uso da estratégia, mas sim, do propósito com que esta é utilizada. Magnusson et al. (1999) propõem a hipótese sobre o rol central deste componente para a tomada de decisões a respeito do planejamento, desenvolvimento e reflexão sobre o ensino. Uma das conclusões interessantes das pesquisas neste campo indica que os professores podem ter mais de uma orientação, ainda que com propósitos incompatíveis entre elas no Ensino de Ciências (SMITH; NEALE, 1989) o que permite inferir que o professor pode adaptar sua orientação no ensino às características do contexto de ensino.

**Quadro 2.** Características da instrução nas diferentes orientações para o Ensino de Ciências

<b>Orientação</b>	<b>Caraterísticas das instruções</b>
Processos	Professor apresenta aos alunos o processo de raciocínio empregado pelos cientistas para adquirir novos conhecimentos. Os alunos participam em atividades que desenvolvem o processo de pensamento e habilidades de pensamento integradas.

Rigor Acadêmico	Os alunos são desafiados com problemas e atividades difíceis. Trabalhos de laboratório e demonstrações são verificados para demonstrar os conceitos científicos demonstrando a relação entre os determinados conceitos e os fenômenos.
Didática	O professor apresenta a informação, geralmente através de palestra ou discussão, e as perguntas direcionadas aos alunos têm o propósito de fornecer um suporte justificável para o conhecimento dos fatos produzidos pela Ciência.
Mudança conceitual	Os estudantes são forçados a explicar suas visões sobre o mundo e a considerar as explicações alternativas mais idôneas. O professor facilita a discussão e o debate necessário para estabelecer a validade das afirmações do conhecimento.
Atividade dirigida	Os estudantes participam numa série de atividades utilizadas para verificar e descobrir. A seleção das atividades pode não ser conceitualmente coerente, se os professores não compreendem o propósito particular das atividades e como consequência omite ou modifica inapropriadamente aspectos críticos delas.
Descoberta	Centrada no aluno. O aluno explora o mundo natural seguindo seus interesses e descobrindo padrões de como o mundo se comporta em suas explorações.
Ciência baseada em projetos	Centrado no projeto. A atividade centrada no professor e o estudante em torno da condução de questões que organizam conceitos e princípios, além de conduzir atividades dentro de um tópico de estudo. Através da investigação os alunos desenvolvem uma série de artefatos (produtos) que refletem as compreensões emergentes dela.
Investigação	Centrada na investigação. O professor apoia aos alunos na definição e investigação dos problemas. No esboço das conclusões e na avaliação da validade do conhecimento a partir de suas conclusões.
Pesquisa orientada	Centrada na comunidade de aprendizagem. O professor e os alunos participam na definição e investigação dos problemas, na determinação dos padrões, inventando e testando explicações e avaliando a utilidade validade de seus dados e a adequação de suas conclusões. O professor apoia os esforços dos alunos em utilizar os materiais e as ferramentas intelectuais da Ciência com vistas ao uso independente das mesmas.

Fonte: Magnusson et al. (1999) (tradução nossa).

### 1.5.2. *Conhecimentos sobre o currículo de Ciências*

Para Magnusson et al. (1999) este componente do PCK consiste de duas categorias: conhecimento da normatividade, metas e objetivos, e conhecimento de programas e materiais curriculares específicos. Shulman (1986) originalmente considerava o conhecimento curricular como um domínio separado do conhecimento base do ensino. Grossman (1990) inclui este conhecimento como parte do PCK porque, para a autora, este representa o conhecimento que distingue o saber do especialista do saber do professor, ou seja, é a marca particular do professor.

O conhecimento da normatividade, metas e objetivos, inclui o conhecimento do professor sobre as metas e objetivos dos tópicos ensinados aos estudantes, assim como na maneira como estes se articulam coerentemente para serem ensinados naquela etapa escolar. Este também

inclui o conhecimento do currículo vertical, ou seja, do que os estudantes devem aprender em anos anteriores para abordar os novos conhecimentos e do que se espera que aprendam no próximo ano escolar. As fontes deste conhecimento situam-se na normatividade curricular de cada estado ou país. Por exemplo, em países como Colômbia, são os Direcionamentos de Padrões Curriculares para o Ensino de Ciências (MEN, 1998) e os Padrões básicos em competências em Ciências naturais (MEN, 2004); e no Brasil as Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. (BRASIL, 2006). Estes materiais são referências importantes no ensino, uma vez que proporcionam conhecimento das metas gerais do currículo, assim como de atividades e materiais que podem ser utilizados para alcançar os objetivos de ensino.

### *1.5.3. Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências.*

Para Magnusson et al. (1999) este componente do PCK refere-se ao conhecimento que os professores devem ter sobre a compreensão dos estudantes para ajudar a desenvolver seu conhecimento sobre um tópico específico. Este conhecimento inclui conhecimento dos requisitos para a aprendizagem dos conceitos específicos das Ciências e das dificuldades na aprendizagem dos conceitos e tópicos específicos delas.

O conhecimento dos requisitos para a aprendizagem dos conceitos específicos das Ciências inclui conhecimentos específicos, capacidades e habilidades necessárias para a aprendizagem, assim como o conhecimento sobre como ajudar os estudantes a adquirir e desenvolver estes conhecimentos e habilidades. Além disso, incluem as diferenças na aprendizagem que os estudantes podem apresentar em decorrência de seus níveis de desenvolvimento cognitivo ou estilo da aprendizagem. Por exemplo, na compreensão dos fenômenos no nível molecular da Química, o professor ajuda na compreensão dos estudantes utilizando uma variedade de representações e modelos; porém, uma forma de representação particular pode ser compreendida mais facilmente por alguns estudantes que por outros. Alguns estudantes poderiam imaginar a estrutura tridimensional de um composto químico a partir da fórmula e outros precisam de um desenho ou modelo da molécula. O professor eficaz está apto a diferenciar as necessidades de cada estudante, podendo responder apropriadamente a cada situação.

Existem diferentes razões pelas quais os estudantes podem apresentar dificuldades na aprendizagem dos conceitos científicos, e o professor deve ter conhecimento sobre cada tipo de dificuldade e sua abordagem. Algumas das dificuldades que se apresentam em relação aos conhecimentos das Ciências são: conceitos muito abstratos ou pouco relacionados com o

cotidiano do estudante, dificuldades na resolução de problemas, diferenças entre o conhecimento espontâneo do estudante e o conhecimento científico, o que dá origem a ideias alternativas sobre os conceitos das Ciências apresentados pelos estudantes.

Para Magnusson et al. (1999) o conhecimento sobre as ideias alternativas dos estudantes pode ajudar o professor a gerar estratégias para sua superação na sala de aula. Não entanto, a pesquisa tem demonstrado que embora os professores tenham algum conhecimento sobre as dificuldades dos alunos, muitas vezes lhes faltam conhecimentos relevantes para ajudar os alunos a superar as suas dificuldades (MAGNUSSON et al., 1999). Além disso, alguns professores apresentam modelos e ideias alternativas semelhantes às de seus estudantes, pelo que se conclui que os professores carecem de conceitos fundamentais para ajudar os alunos a superarem suas dificuldades de aprendizagem em tópicos específicos.

#### *1.5.4. Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências*

Magnusson et al. (1999) conceituam este componente como sendo composto por duas categorias: conhecimento das dimensões da aprendizagem das Ciências que são importantes de avaliar e conhecimento dos métodos pelos quais a aprendizagem pode ser avaliada.

Em relação às dimensões da aprendizagem das Ciências que são importantes de serem avaliados no tocante a um tópico particular, esses autores, em correspondência com a literatura em Ensino de Ciências, definem como meta da Ciência escolar a alfabetização científica dos cidadãos. Para os autores é importante que o professor conheça o conceito de alfabetização científica, para que esta seja levada em consideração na avaliação dos tópicos específicos das Ciências. Neste sentido a literatura em Ensino de Ciências tem definido algumas dimensões para a alfabetização científica; tais elementos são: a compreensão dos conceitos, temas interdisciplinares, natureza da Ciência, investigação científica e o raciocínio prático (MAGNUSSON et al., 1999). Nem todos os temas têm o mesmo grau de dificuldade a ser avaliado; por isso o professor deve saber quais dimensões ou aspectos devem ser avaliados em uma unidade ou temática particular.

Em relação ao conhecimento dos métodos pelos quais a aprendizagem pode ser avaliada, o professor deve conhecer numerosos e diversos métodos, instrumentos e procedimentos que podem ser aproveitados para avaliar uma temática de estudo, suas vantagens e desvantagens e o momento apropriado em que deve ser aplicado. Neste sentido, é preciso reconhecer as concepções que o professor tem sobre a avaliação, as quais estão estreitamente relacionadas com suas concepções sobre o processo de ensino e aprendizagem. Assim ensino, aprendizagem

e avaliação constituem três aspectos inseparáveis do conhecimento e prática do professor, que devem ser revisados em conjunto.

#### *1.5.5. Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências.*

Para Magnusson et al. (1999) este componente do PCK se traduz em duas categorias: conhecimento das estratégias gerais para o Ensino de Ciências e conhecimento de estratégias específicas para o ensino sobre um tópico das Ciências. O conhecimento sobre estratégias gerais para o Ensino de Ciências consiste na habilidade de descrever e demonstrar uma estratégia e suas fases. Algumas estratégias reconhecidas são o “ciclo da aprendizagem” que consiste em três fases instrucionais: exploração, introdução de termos e aplicação de conceitos. Outras estratégias, são o modelo gerador de aprendizagem e a mudança conceitual.

Seguindo a Canhal (2000) as estratégias de ensino podem relacionar-se com o que Shulman (1987) chama conhecimento profissional estratégico, um saber muito relacionado às condições reais da prática, que se manifesta quando o professor executa seus esquemas de ação em forma reflexiva, consciente e intencional, apoiando-se em procedimentos fundamentalmente heurísticos (CANHAL, 2000). Esta definição de estratégia de ensino se relaciona com a ideia apresentada por Magnusson et al. (1999) como estratégia geral.

Neste sentido, no presente trabalho se aborda a formação do professor na Modelagem como estratégia de tipo geral no Ensino de Ciências, a qual apresenta umas fases relacionadas como o processo de construção de modelos em Ciências e no Ensino de Ciências (JUSTI, 2006). Na revisão da literatura sobre o conhecimento dos professores sobre as estratégias de ensino e aprendizagem da Ciência, conclui-se que eles têm pouco conhecimento de estratégias concebidas a partir de uma perspectiva construtivista.

Magnusson et al. (1999) afirmam que o estudo do PCK dos professores de Ciências revela que um precário conhecimento do conteúdo e da pedagogia, está correlacionado com o uso ineficaz de estratégias de ensino. De fato, sugerem que o desenvolvimento do PCK exige o conhecimento de três categorias de conhecimento: conhecimento do conteúdo, conhecimentos pedagógicos e compreensão do contexto. Também evidenciam que os professores usam estratégias influenciados pelas suas crenças. Muitos professores não mudam suas práticas de ensino porque suas crenças são diferentes das novas propostas.

Desde uma perspectiva construtivista os professores, assim como os alunos, possuem um conjunto de concepções sobre o meio em geral e sobre o meio escolar em particular. Estas concepções são “ferramentas” para poder interpretar a realidade e interagir nela, mas também são “obstáculos” que impedem assumir perspectivas e ações diferentes (PORLAN et al., 1997)

Em relação ao conhecimento de estratégias específicas sobre um tópico das Ciências definem-se duas categorias: representações e atividades. Estas, frequentemente, não são excludentes. Por exemplo, atividades específicas podem envolver representações em particular sobre um conceito.

As representações sobre um tópico específico da Ciência referem-se ao conhecimento dos professores sobre as formas de representar conceitos ou princípios específicos com o propósito de facilitar a aprendizagem do estudante. Inclui-se nesta categoria a habilidade de elaborar representações para o desenvolvimento da compreensão de conceitos específicos ou relacionados, que podem ser exemplos, modelos, analogias etc. O professor deve ter a capacidade de decidir quando uma representação pode ser utilizada para melhorar a compreensão do estudante, e deve ter consciência das vantagens e desvantagens ao se utilizar tal representação.

As atividades sobre tópicos específicos referem-se ao conhecimento das atividades que podem ser utilizadas para ajudar aos estudantes na compreensão de conceitos específicos e relacionados; por exemplo, problemas, demonstrações, simulações, pesquisas ou experiências. O PCK sobre esse tipo de conhecimento também inclui o conhecimento do potencial conceitual de uma atividade particular para esclarecer informações importantes acerca de uma temática, ou estabelecer uma relação específica entre ideias (MAGNUSSON et al., 1999).

A pesquisa em Ensino de Ciências sugere que existe uma maior probabilidade que um professor experiente tenha um maior conhecimento sobre estratégias de ensino e aprendizagem que um professor novato; os professores experientes por terem um contato maior com o ensino da matéria apresentam, na maioria dos casos, um repertório maior de representações que permitem ensinar um conceito específico; além disso, detectam mais facilmente erros e declarações enganosas quando se realiza uma demonstração típica para um conceito específico de Química (CLERMONT; BORKO; KRAJCIK, 1994).

Ainda assim, a experiência não garante totalmente um bom conhecimento sobre estratégias a serem aplicadas no ensino. Clermont, Borko e Krajcik (1994), demonstraram que o conhecimento de professores novatos e experientes que participam de um processo de formação podem aumentar notavelmente seu conhecimento sobre estratégias no ensino. Smith e Neale (1991) numa pesquisa com professores de escola fundamental, identificaram que a melhora do PCK em relação às estratégias de ensino tem uma relação direta com o conhecimento do conteúdo. Resultados similares foram reconhecidos em outras pesquisas (HASHWEH, 1987; SANDERS; BORKO; LOCKARD, 1993); professores com um maior conhecimento do conteúdo desenvolveram através do processo formativo representações mais potentes e

adequadas para o ensino de um tema específico, comprovando que este elemento do PCK depende do conhecimento do conteúdo.

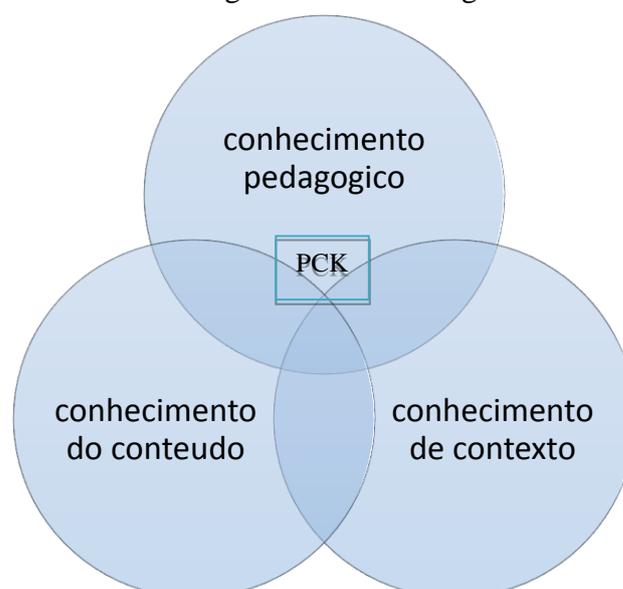
No entanto, ter um conhecimento suficiente do conteúdo não garante que o professor transforme o conhecimento do conteúdo em representações que ajudam aos alunos a compreender os conceitos. Por isso, o professor precisa, além do conhecimento do conteúdo, ter os seguintes conhecimentos: (a) as potenciais dificuldades na compreensão do tema em questão; (b) os estilos de aprendizagem do aluno; (c) concepções alternativas; estes permitem ao professor projetar representações que facilitem o acesso dos estudantes aos conceitos abstratos da Ciência. (MAGNUSSON et al., 1999).

A proposta de Magnusson et al. (1999) nos permite reconhecer os diferentes componentes a considerar sobre o PCK do professor, os quais são relevantes no desenvolvimento de processos de formação docente, neste sentido é importante considerar quais são os modelos identificados em relação com a formação e desenvolvimento do PCK, o que permite pensar em possíveis formas de abordagem dos processos formativos.

#### 1.6. Modelo de formação e desenvolvimento do PCK de Guess-Newsome (1999)

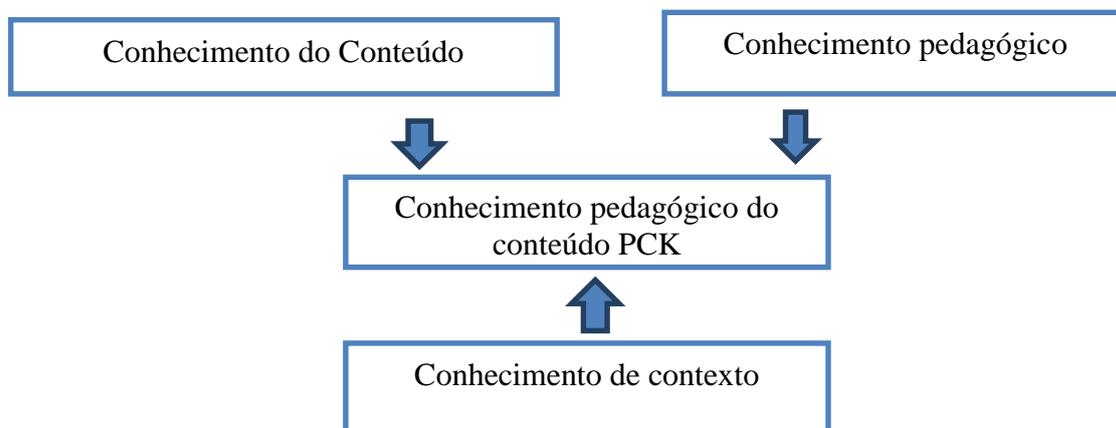
Entre os diferentes trabalhos desenvolvidos em relação com o PCK e seu desenvolvimento, Guess-Newsome (1999) identifica dois enfoques diferentes sobre como se desenvolve o PCK: o Modelo Integrativo (figura 4) e o Modelo Transformativo (figura 5).

**Figura 4.** Modelo Integrativo do PCK segundo Guess-Newsome (1999)



Fonte: Adaptado de Gess-Newsome (1999).

**Figura 5.** Modelo Transformativo do PCK Guess-Newsome (1999)



Fonte: Adaptado de Guess-Newsome (1999).

Como se pode reconhecer na figura 4, no Modelo Integrativo, o PCK é o produto da interseção entre os conhecimentos pedagógico, disciplinar e de contexto. Por outro lado, o modelo transformativo considera o PCK como o resultado da transformação do conhecimento do conteúdo, do conhecimento pedagógico e do contexto.

Segundo Guess-Newsome (1999) ambos os modelos representam os extremos de um contínuo. Para explicar as diferenças entre estes dois extremos, o autor utiliza uma analogia com a mistura (no caso do modelo integrativo) e a reação Química (no caso do modelo transformativo).

Numa mistura homogênea as substâncias misturadas conservam sua identidade Química ainda que visualmente percebam-se integradas. Em analogia, no modelo integrador integram-se no PCK os conhecimentos do contexto, pedagogia e conteúdo necessários para o ensino. Na reação Química as substâncias são transformadas, sendo diferentes das substâncias iniciais; por analogia, no modelo transformativo o PCK é um novo conhecimento produto da transformação dos conhecimentos do contexto, pedagogia e conteúdo.

De acordo com Kind (2009), os dois modelos podem ser usados pelo mesmo professor, mas em momentos diferentes, dependendo dos eventos da sala de aula ou do momento profissional do professor (KIND, 2009). Visto desta forma, haverá lugares para ambos os modelos no desenvolvimento profissional do professor e o modelo adotado terá importantes implicações no modo como se devem desenvolver os processos de formação e desenvolvimento profissional de professores. Segundo Fernandez (2015):

No Modelo Integrativo os conhecimentos podem desenvolver-se em separado para depois se integrarem na ação docente, enquanto que o Modelo Transformativo não se preocupa tanto com o desenvolvimento destes conhecimentos, mas sim de como se transformam em PCK na prática docente, como conhecimento base para o ensino (FERNANDEZ, 2015, p. 520).

Refletindo sobre a formação continuada, no Modelo Integrativo se podem reconhecer os tradicionais cursos de formação organizados em disciplinas, nos quais se desenvolve de forma separada os conhecimentos pedagógicos, disciplinar e contextual, na expectativa que o professor, na prática, integre estes conhecimentos e desenvolva seu PCK. No modelo transformativo são necessários os processos de reflexão do professor sobre seus conhecimentos e práticas, os estudos de caso, e a análises das práticas de aula na procura de identificar e desenvolver o PCK.

Entre os dois modelos de desenvolvimento Magnusson et al. (1999) desenvolvem sua proposta no modelo transformativo; neste sentido estes autores refletem sobre o valor do PCK na formação de professores e propõem alguns elementos a considerar no desenvolvimento de processo formativos.

### **1.7. O valor do construto Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) na formação de professores**

Para os autores Magnusson et al. (1999) o PCK tem valor tanto do ponto de vista conceitual como conhecimento prático. Conceitualmente, porque este conhecimento é o resultado de uma transformação de outros domínios do conhecimento, é mais abrangente que cada um deles isoladamente ou que a soma das partes. Além disto, este conhecimento é uma construção que se obtém através dos processos de planificação, reflexão e ensino da matéria específica, sendo um conhecimento que proporciona aos professores uma visão única de sua profissão, constituindo-se numa importante ferramenta que permite indagar, definir e desenvolver diferentes conhecimentos que são fundamentais na formação do professor.

O valor prático do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) como constructo, é que ele permite definir importantes dimensões da experiência do professor de Ciências, que podem ser importantes nos programas de formação inicial e continuada de professores. Muitos professores de Ciências têm um rico conhecimento sobre conceitos, analogias, demonstrações e atividades. A identificação deste conhecimento como parte integrante do PCK reconhece sua importância como conhecimento diferenciado do conhecimento pedagógico ou do conhecimento curricular da disciplina isoladamente.

Na procura de um modelo para o desenvolvimento do PCK dos professores, Magnusson et al. (1999) analisaram numa situação hipotética os conhecimentos de dois professores com diferenças em formação nos domínios que conformam seu PCK, no domínio do conhecimento pedagógico e no domínio do conhecimento disciplinar. As diferenças que apresentam os professores ao ensinar um conteúdo específico e ensinar a resolver um problema de Ciências na sala de aula, revelam que a ênfase em um só domínio do PCK não permite um desenvolvimento realmente satisfatório do professor no domínio de estratégias uteis no ensino dos conceitos.

Chegam à conclusão de que o desenvolvimento do PCK não é um processo linear, e professores que passam por um processo comum de formação não necessariamente acabam desenvolvendo as estratégias poderosas para ajudar os alunos na compreensão dos conceitos ensinados. Além disso, como esse tipo de conhecimento é tão específico, os professores devem desenvolvê-lo para cada tópico de estudo que ensinam; estes resultados enfatizam a necessidade de produzir programas de formação que permitam realmente sustentar o desenvolvimento integral do conhecimento pedagógico do conteúdo dos professores.

Em relação a esta questão, Magnusson et al. (1999) sugerem quatro recomendações para ajudar os professores a aprender a ensinar de novas maneiras:

1. Ajudar aos professores a examinar seus conhecimentos e crenças preexistentes.
2. Ressaltar as relações entre o conhecimento da matéria e o conhecimento pedagógico do conteúdo.
3. Situar o professor em experiências de aprendizagem em contextos significativos.
4. Utilizar um modelo dos componentes do PCK que guie a aprendizagem de experiências de ensino; neste sentido se salienta o modelo proposto por estes autores (Figura 3) no planejamento de experiências de educação de professores de Ciências e para especificar resultados de conhecimento desejado dessas experiências.

### **1.8. Pesquisas relacionadas com a identificação e desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo do professor sobre tópicos específicos de Química**

No ensino da Química são diversos os trabalhos que estudam o PCK dos professores sobre conceitos químicos e seu desenvolvimento; contudo, destacam-se alguns que têm singular importância pela relação com os objetivos desta pesquisa; por isto estes trabalhos são brevemente descritos a seguir.

O Quadro 3 apresenta o título dos trabalhos, seus autores, o ano de publicação e o local onde foram publicados:

**Quadro 3.** Alguns estudos relacionados com o PCK de professores em Química e seu desenvolvimento

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano de publicação</b>	<b>Local</b>
Van Driel, Verloop e De Vos	Developing Science Teachers Pedagogical Content Knowledge	1998	Journal of Research in Science Teaching
Reyes e Garritz	Conocimiento Pedagógico Del Concepto De “Reacción Química” En Profesores Universitarios Mexicanos.	2006	Revista Mexicana de Investigación Educativa
Drechsler e Van Driel	Experienced Teachers’ Pedagogical Content Knowledge of Teaching Acid-Base Chemistry.	2008	Research in Science Education
Justi, Chamizo, Garcia e Figueiredo	Experiencias de formación de profesores de ciencias latinoamericanos sobre modelos y modelaje.	2011	Enseñanza De Las Ciencias

a. No trabalho de Van Driel, Verloop e De Vos (1998), apresenta-se um estudo longitudinal do desenvolvimento do PCK de um grupo de professores em relação ao conceito de equilíbrio químico. Para o desenvolvimento deste estudo os autores elaboraram: (i) um curso experimental sobre equilíbrio químico para os alunos do ensino secundário, e (ii) um seminário de discussão para professores de Química em serviço, sobre a utilização do curso experimental em suas próprias aulas. O objetivo geral do seminário foi o de aprimorar o PCK sobre equilíbrio químico dos professores. Especificamente, os objetivos eram melhorar as habilidades dos professores de Química em reconhecer concepções espontâneas e dificuldades conceituais relacionadas ao equilíbrio químico, e para promover o uso de intervenções e estratégias de promoção da mudança conceitual durante a prática de sala de aula. O seminário foi desenvolvido em diferentes reuniões de trabalho, da seguinte forma:

A primeira reunião centrou-se no PCK dos participantes sobre o equilíbrio químico. Para isto, os participantes discutiram sobre os experimentos e contribuições de livros didáticos de Química atuais que abordavam esta temática. Além disso, eles foram convidados a analisar as respostas de alunos ao estudar esta temática. Para este efeito, os resultados da investigação com respeito à aprendizagem dos alunos sobre o equilíbrio químico foram usados como conhecimento de entrada no seminário.

As três reuniões seguintes coincidiram com a implementação do curso experimental. Estas reuniões foram utilizadas tanto para discutir experiências práticas recentes, como para preparar os participantes para o tema seguinte.

A última reunião foi organizada para refletir sobre as experiências com o curso experimental. Neste encontro, os professores não apenas trocaram e discutiram as suas experiências pessoais, mas também tomaram contato com resultados de pesquisas que abordavam o ensino e a aprendizagem do equilíbrio químico, para facilitar a reflexão no nível teórico. Além disso, este encontro serviu para avaliar o curso experimental. Neste curso os autores registraram em áudio das falas os professores e analisaram trechos relevantes com seu objetivo de pesquisa, além de analisar questionários preenchidos pelos professores. As conclusões desta pesquisa apontam os seguintes aspectos:

1. Os elementos do PCK dos professores diferem consideravelmente das representações de equilíbrio químico comumente encontrados em livros escolares da área de Química.
2. A pesquisa conseguiu identificar caminhos para os professores promoverem mudanças conceituais nos alunos sobre a explicação de fenômenos que indicam a reversibilidade e a conversão incompleta de reações Químicas. Nesse sentido, as estratégias de ensino identificadas no estudo, não são úteis de forma universal, mas referem-se exclusivamente ao tema em questão. Além disso, como os professores ensinam temas específicos, essas estratégias são um recurso único e valioso para o conhecimento básico para o ensino.
3. O PCK dos professores acerca de equilíbrio químico parece ser inspirado por livros didáticos de Química atuais e fragmentos destes livros escolares podem ser usados para desafiar as concepções dos professores com o objetivo de realizar uma reflexão crítica sobre seu conhecimento. Em particular, sugere-se uma discussão crítica sobre o uso de analogias e metáforas durante a introdução de equilíbrio dinâmico.
4. Destaca-se que a grande maioria das pesquisas sobre o Ensino de Química tem se centrado na aprendizagem dos alunos; a pesquisa sobre o PCK, é vista como uma oportunidade de vincular a investigação sobre ensino com a investigação sobre a aprendizagem.

b. Reyes e Garritz (2006) desenvolveram uma pesquisa cujo objetivo foi identificar o PCK de um tópicos específicos da Química. Nesta pesquisa documentou-se o PCK de cinco

professores mexicanos sobre o conceito de reação Química, professores estes que eram reconhecidos por seu bom desempenho. Com este objetivo, utilizou-se a metodologia proposta por Loughran et al. (2000), que consiste na utilização de dois instrumentos: a Representação de Conteúdo (CoRe) e os Repertórios de Experiências Profissionais e Pedagógicas (PaP-eRs).

O CoRe é um instrumento com características de entrevista que permite analisar como o professor ensina um tema específico e as razões pelas quais o ensina dessa forma. Através da CoRe, identifica-se o conhecimento do professor sobre como se deve organizar a temática para o ensino, qual é a importância do que os alunos compreendam sobre o tema, qual é o conhecimento que o professor tem sobre os alunos, quais são as temáticas nas quais se identificam as maiores dificuldades dos alunos, as estratégias de ensino usadas para apresentar de forma interessante o conhecimento e as formas de avaliar a compreensão dos alunos.

Os PaP-eRs são relatos narrativos do PCK de um professor para uma determinada parte do conteúdo. Reyes e Garriz (2006) denominam aos PaP-eRs como "inventários". Cada inventário deve "retratar" o pensamento do professor com base nas observações de aulas e discussões com colegas e observações feitas durante as entrevistas em que se desenvolve o CoRe. Um inventário reflete, portanto, a riqueza e o raciocínio do professor. É um exemplo concreto de aspectos do ensino e da aprendizagem de um tema específico que oferece uma maneira de capturar a natureza holística e a complexidade do conhecimento pedagógico do conteúdo.

Concluindo, Reyes e Garriz (2006) sugerem que os resultados da documentação e representação do PCK de professores de Química experientes e "eficientes" sobre um tópico específico, podem servir como um instrumento de análise, discussão e reflexão ao longo de cursos e programas de metodologia e desenvolvimento profissional para professores. Nesta perspectiva podem ser abordados aspectos fundamentais do PCK, tais como: metas da educação; concepções alternativas de estudantes; problemas de ensino e aprendizagem; sequenciamento de conteúdo; uso apropriado de analogias, metáforas, demonstrações e exemplos; e formas de avaliar a compreensão, pelo que se considera importante documentar em um número crescente de tópicos o PCK de professores experimentados.

c. Trabalhando com a utilização dos modelos em ensino de Química foi desenvolvida uma pesquisa por Drechsler e Van Driel (2008), na qual os autores investigaram o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de nove professores de Química experientes. Os professores participaram de um curso de formação de professores sobre as dificuldades dos alunos e a utilização de modelos no ensino de Química em relação aos conceitos de ácido-base,

eletroquímica e reações de oxirredução. Dois anos após do curso, foram entrevistados os mesmos professores sobre seu PCK em relação às dificuldades dos alunos na compreensão da Química nestes temas, quando abordados em sua prática docente. Nas entrevistas, os professores foram convidados a comentar sobre as respostas dadas pelos alunos e seu entendimento da temática ácido e base, coletadas através de entrevistas num estudo anterior. Além disso, os professores escreveram textos que representam o seu nível de satisfação com sua atuação ao ensinar o conceito de ácido-base.

Os resultados mostram que, apesar de todos os professores reconhecerem algumas das dificuldades dos alunos, como a confusão entre os diferentes modelos utilizados para o conceito ácido-base, apenas alguns escolheram enfatizar o ensino dos diferentes modelos de ácidos e bases. A maioria dos professores considerou que era suficiente distinguir claramente entre os aspectos macroscópicos do fenômeno relacionado com o que o aluno consegue visualizar e experimentar em relação ao conceito (como a viragem na cor do indicador, ou as características organolépticas das substâncias) e os aspectos microscópicos relacionado com a representação do que acontece a nível molecular nas substâncias.

As formas como os professores refletem sobre o seu ensino, a fim de melhorá-lo, também são diferentes. Alguns professores refletiram mais sobre as dificuldades dos alunos; outros estavam mais preocupados com o seu próprio desempenho. Drechsler e Van Driel (2008) afirmam que os professores usam os resultados da pesquisa em Educação em Química, com a intenção de melhorar o ensino, apenas se tiverem o apoio de um mentor, por exemplo, um pesquisador com experiência no Ensino de Química. Eles apontam ainda que as reflexões e discussões em pequenos grupos de professores sobre as teorias geradas por especialistas são maneiras agradáveis e adequadas para resolver os problemas no Ensino de Química. Além disso, consideram que está poderia ser uma maneira proveitosa para melhorar o PCK de professores em formação, sobre o conhecimento e compreensão dos alunos e de estratégias para ajudá-los a superar suas dificuldades.

Em relação aos livros didáticos, os autores consideram que estes desempenham um papel importante no planejamento da aula do professor, no início e desenvolvimento de sua profissão e, por isso, é importante que os professores novatos aprendam a fazer uma análise crítica dos livros didáticos.

d. Em relação ao conhecimento e a formação de professores sobre o ensino dos modelos científicos, Justi, Chamizo, Garcia et al. (2011) desenvolveram uma importante proposta com três objetivos:

1. Apresentar uma proposta de formação continuada de professores estruturada no marco referencial do raciocínio pedagógico, da pesquisa-ação, e da prática de atividades de colaboração, destinadas a desenvolver o conhecimento pedagógico do conteúdo dos professores com ênfase nos modelos e na modelagem.
2. Evidenciar como a integração dos referenciais teóricos permite auxiliar a estruturação das ações no processo de formação.
3. Examinar a influência do item anterior no processo de desenvolvimento do PCK dos professores em relação aos modelos e a modelagem.

Assim, os autores desenvolveram uma proposta de formação com professores de Ciências do México e do Brasil, a partir da perspectiva da pesquisa-ação, fundamentada no marco da perspectiva crítica e reflexiva, na qual, os professores são considerados aprendizes, através da colaboração entre professores e um especialista. Ou seja, uma situação em que professor e especialista intercambiam experiências em um processo de aprendizagem mútuo com a finalidade de renovar sua atividade educativa.

A proposta foi desenvolvida em três momentos. O primeiro momento corresponde a uma série de oficinas que pretendeu discutir a utilização dos modelos no processo de ensino. No segundo momento, promoveu-se a elaboração de unidades didáticas baseadas em modelos e modelagem. No terceiro momento, desenvolveu-se a aplicação das unidades didáticas produzidas em sala de aula com posterior discussão sobre a aplicação realizada.

No processo de coleta de dados foram utilizados entrevistas e vídeos das diferentes sessões de trabalho. As conclusões deste trabalho apontam para a aquisição de conhecimento e o desenvolvimento do PCK dos professores sobre os modelos e o processo de modelagem. O conhecimento pedagógico do conteúdo sobre os modelos científicos e processos de modelagem em sala de aula estariam relacionados com a compreensão da natureza dos modelos na Ciência, o desenvolvimento de estratégias para o ensino dos modelos e o desenvolvimento de atividades de modelagem em sala de aula. Isto implica um conhecimento da utilização dos modelos no ensino e de como os alunos constroem seus modelos e podem desenvolvê-los (JUSTI et al., 2011).

O processo utilizado para o desenvolvimento do PCK do professor integrava a reflexão teórica à prática de atividades de modelagem nas reuniões e com os estudantes na sala de aula. Este processo permitiu a construção de concepções sobre o ensino e a aprendizagem e a Ciência, em concordância com as visões atuais, o que pode implicou na transformação da prática do professor. Os autores destacam que o processo de desenvolvimento do PCK dos professores

não foi instantâneo e sem problemas. Para a maior parte dos professores este processo se consolida através da prática em seu próprio contexto de trabalho.

Estes trabalhos desenvolvidos no campo do PCK do professor são um importante referencial para a presente pesquisa, que tem como propósito principal identificar o PCK do professor de Química sobre o conceito de ligação química e promover seu desenvolvimento a partir da reflexão pedagógica sobre diferentes tópicos associados ao ensino da ligação química, fundamentado na modelagem como proposta de ensino.

Tendo em consideração este propósito, os referenciais abordados aportaram dois instrumentos importantes na identificação do PCK, a Representação de Conteúdo (CoRe) e os Repertórios de Experiências Profissionais e Pedagógicas (PaP-eRs). Estes instrumentos foram utilizados nesta pesquisa com a intenção de identificar e analisar o PCK dos professores e serão tratados com maior detalhe na metodologia.

A literatura citada permite identificar como uma importante estratégia na formação de professores e em particular no desenvolvimento do PCK, o promover processos reflexivos nos professores organizados em pequenos grupos, no processo reflexivo é utilizado o conhecimento na área de Ensino de Ciências relacionado como o ensino e aprendizagem do modelo de ligação química e sua modelagem como estratégia didática.

Finalmente o trabalho de Justi et al. (2011) permite identificar possíveis resultados de referência no tocante às dimensões nas quais se desenvolve o PCK do professor em relação aos modelos e a modelagem; estes resultados constituem um referente comparativo com os resultados da presente pesquisa, que toma outros enfoques no seu processo de desenvolvimento.

Além do referencial do PCK como o construto teórico que permite fundamentar e desenvolver processos de formação de professores, na presente pesquisa se aborda o tema da formação do professor em relação com os modelos e a modelagem no Ensino de Ciências. Este processo de formação constitui o meio para identificar e desenvolver o PCK do professor, pelo qual apresenta-se, a seguir, os fundamentos da modelagem no Ensino de Ciências.

## **2. MODELOS E MODELAGEM NAS CIÊNCIAS E NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Em continuação ao capítulo anterior, no presente capítulo pretende-se definir os fundamentos teóricos da modelagem no Ensino de Ciências. Na compreensão do que significa a modelagem no Ensino de Ciências convergem dois referenciais, sendo que cada um merece um desenvolvimento particular até integrar-se na ideia de modelagem que neste trabalho se pretende privilegiar.

O primeiro referencial necessário à compreensão do que significa a modelagem, tem um caráter epistêmico, que envolve o reconhecimento do que significa um modelo na Ciência, e a visão da Ciência dentro da qual se inscreve este significado.

O segundo referencial, advindo das Ciências cognitivas, está relacionado com o conceito de modelo mental, o qual, tem tido uma importante repercussão na pesquisa educativa em geral, como conceito que permite fundamentar como acontecem os processos de cognição humana, e entre estes as aprendizagens.

Estes dois referenciais teóricos são desenvolvidos a seguir e integram-se no conceito de modelagem no ensino das Ciências que nesta pesquisa se pretende desenvolver.

### **2.1. Uma visão da Ciência como modelos**

Autores como Fernandez et al. (2005) tem assinalado, entre outras coisas, que um dos fatores que justifica em grande medida o baixo desempenho acadêmico dos alunos nas aulas de Ciências é a imagem de Ciência que é transmitida no processo de ensino. Em muitas ocasiões os professores de Ciências em suas aulas transmitem, de modo inconsciente, visões da Ciência descontextualizadas e que não correspondem com a maneira pela qual o conhecimento científico é construído e evolui, estas visões geram uma ideia da Ciência que parece coincidir com o baixo interesse dos estudantes para com a Ciência e a desmotivação em sua aprendizagem.

Neste sentido, a Filosofia da Ciência constitui-se numa das disciplinas chamadas a fundamentar o Ensino de Ciências e em particular a formação de professores, a partir da reflexão sobre a natureza do conhecimento científico e seu desenvolvimento, já que a visão do professor tem sobre a Ciência vai orientar sua ação na sala de aula (FERNÁNDEZ, GIL, VALDÉS et al., 2005).

Entre as diferentes visões sobre a Ciência, são reconhecidas na visão clássica as interpretações empíricas e racionalistas sobre o conhecimento científico. Os empiristas baseiam

o critério de validação do conhecimento na comprovação por meio dos sentidos, sendo importantes os dados adquiridos por observação, a formulação de hipóteses, a experimentação e a generalização a partir de uma quantidade significativa de observações para formular leis e teorias. Portanto, na visão racionalista a importância situa-se no raciocínio lógico, de tipo indutivo e dedutivo; estas interpretações outorgam ao conhecimento da Ciência uma validade universal, considerando que a Ciência evolui em função da melhor capacidade explicativa de uma teoria sobre outra.

A visão clássica é criticada a partir da concepção do conhecimento como uma construção social, que se encontra em desenvolvimento constante e que está intimamente relacionado com o contexto em que é elaborado (HODSON, 1992). Este processo construtivo tem sido interpretado por filósofos, sociólogos e historiadores da Ciência a partir de diferentes perspectivas.

Entre estas perspectivas destacam-se as interpretações de Popper (1962), que sugere a existência em diferentes épocas de teorias rivais; a de Kuhn (1972), que justifica a evolução da Ciência a partir da mudança de paradigmas através de anomalias no paradigma vigente e revoluções científicas; a de Lakatos (1983), que interpreta o desenvolvimento da Ciência a partir da competência de programas de investigação e a de Toulmin (1977) que, por analogia com a teoria da evolução, sugere a competência de populações conceituais; entre outros.

De modo relativamente recente, tem-se reconhecido na Filosofia da Ciência uma interpretação dentro da perspectiva conhecida como “naturalismo científico”. A corrente Naturalista na Filosofia da Ciência pode ser definida como a tese na qual a Ciência deve ser estudada como qualquer outro fenômeno empírico, ou seja, utilizando os métodos das Ciências empíricas e os conhecimentos científicos mais confiáveis e relevantes para a solução de um problema filosófico sobre a Ciência. As principais diferenças entre um autor e outro dentro do naturalismo encontra-se na Ciência empírica (psicologia, biologia, sociologia, história etc.) considerada de maior relevância no momento de explicar a atividade e o conhecimento científico.

Nesta linha filosófica, o presente trabalho pretende salientar a proposta do modelo cognitivo de Ciência de Ronald Giere (1988), que propõe empregar os modelos das Ciências cognitivas na análise dos problemas da Filosofia da Ciência. Nas Ciências cognitivas convergem diversas disciplinas, tais como inteligência artificial, neurociência, linguística e psicologia cognitiva, para estudar a origem e a função do conhecimento humano.

Para Giere (1988) a Ciência é uma atividade cognitiva, o que significa que se ocupa de explicar a geração de conhecimento (GIERE, 1988). Sob esta perspectiva, o processo pelo qual

o conhecimento científico é construído não é radicalmente diferente de outras elaborações humanas, que dão significado aos eventos.

As Ciências constituem uma maneira de pensar e de agir com o objetivo de interpretar determinados fenômenos e intervir neles mediante um conjunto de conhecimentos teóricos e práticos estruturados; neste sentido, o modelo cognitivo de Ciência estabelece a ideia da Ciência como uma atividade cognoscitiva relacionada com a geração do conhecimento (IZQUIERDO et al, 1999, p. 46).

As teorias científicas consistiriam em famílias de modelos, nas quais cada um destes modelos é uma representação individualizada de uma situação possível, comparáveis a verdadeiros mapas do mundo. Assim, a unidade de análise epistemológica que Giere (1988) estabelece é chamada de Modelo Teórico. Estes modelos contêm, em geral, elementos linguísticos e não linguísticos. Estão relacionados dentro de uma teoria por vínculos cognitivos, e podem estar associada uma hipótese de aplicabilidade, que afirmaria que aquela representação cognitiva guarda uma relação de similaridade com algum sistema da realidade. Segundo Giere (1999),

Em meu entendimento pessoal da prática científica, o conceito fundamental é aquele de modelo. Para mim, [Giere] os modelos na Ciência são entidades fundamentalmente representacionais. Sustento que os cientistas utilizam tipicamente os modelos para representar aspectos do mundo. A classe de modelos científicos inclui modelos físicos em escala e representações diagramáticas, mas os modelos que mais interessam são os teóricos. Estes são objetos abstratos, entidades imaginárias cuja estrutura pode ou não ser semelhante a aspectos dos objetos e processos no mundo real (GIERE, 1999, p. 5, tradução nossa).

A partir desta visão, a relação do conhecimento com a realidade não é baseada em ele ser ou não verdadeiro, mas sim, em como o modelo se ajusta ao sistema, objeto ou fenômeno representado, o que implica a possibilidade de coexistir distintos modelos com diferentes capacidades de explicação (GIERE, 1999). O anterior leva à conclusão de que a principal função dos modelos é a representação da realidade. Assim,

A principal função dos modelos é a representação do mundo, que é uma prática essencialmente pragmática: “S usa X para representar W de acordo com os propósitos P” onde S é um cientista, um grupo de cientistas ou uma comunidade científica; X é um modelo (expresso em quaisquer dos modos de representação) e W é um aspecto do mundo real que é representado segundo propósitos, P, bem definidos (GIERE, 2004, p. 743, tradução nossa).

O modelo cognitivo de Ciência de Giere, estabelece que as relações de similaridade entre o modelo e o sistema real, não têm porque limitarem-se aos aspectos observáveis. “Modelos científicos funcionam como formas de representação de aspectos do mundo, que variam conforme abrangência, precisão, aproximação e detalhes” (GIERE, 2009, p. 252). Um mesmo

fenômeno pode apresentar diferentes níveis de representação em relação com o modelo utilizado, além diferentes modelos podem ser utilizados para representar aspectos diferentes do fenômeno.

Para Lombardi (2011) a perspectiva de Giere (1988) brinda os fundamentos conceituais para introduzir a noção de modelo como mediador entre o sistema real e a teoria, e,

[...] em concordância com esta concepção a função principal dos modelos como mediadores entre a teoria e a realidade consiste em permitir o uso de uma teoria científica para a explicação de um fenômeno natural através de uma conceitualização daquele fenômeno (LOMBARDI, 2011, p. 86).

Adúriz (2005) indica que a concepção de Giere (1998) para um modelo científico, permite definir sob a categoria de modelo qualquer representação, sub-rogante, em qualquer meio simbólico, que permita pensar, falar, agir com rigor e profundidade sobre o assunto a ser estudado. Sob esta perspectiva, não só são considerados como modelos os clássicos modelos da Ciência, como o pêndulo ou uma representação matemática, mas também imagens, tabelas, gráficos, mapas, redes de analogias, entre outros, sempre que permitam a quem os utilize descrever, explicar, prever e intervir sobre o fenômeno em estudo (ADURIZ; IZQUIERDO, 2009).

Esta definição de modelo abre um espaço interessante de trabalho no Ensino de Ciências, pois permite pensar de forma diferente o trabalho em sala de aula. Com base nas visões clássicas da Ciência a atenção concentrava-se nos enunciados teóricos. Em correspondência, no Ensino de Ciências foi importante enunciar, repetir e memorizar tais enunciados. A partir de uma visão dos modelos como elementos centrais da Ciência, torna-se importante pensar sobre certos “fatos-chave” reconstruídos teoricamente, como: a queda de uma maçã, o movimento de um balanço, a combustão, a oxidação do ferro, entre outros, para, em analogia, construir modelos que permitam dar sentido aos fenômenos do mundo que nos rodeia, que seriam análogos a eles (ADURIZ; IZQUIERDO, 2009).

Como já foi mencionado, no modelo cognitivo de Ciência de Giere (1988) a Ciência é interpretada como uma atividade cognitiva, que se ocupa da construção de conhecimento através da elaboração, aplicação e validação de modelos, como elementos mediadores entre a teoria e a realidade. Neste sentido, a construção de um modelo é um processo que precisa ser interpretado desde uma teoria da mente e da cognição humana, como a apresentada a seguir na teoria dos modelos mentais.

## 2.2. Uma visão dos processos mentais como modelos

Desde a década de 1980 as Ciências Cognitivas têm descrito o raciocínio e a cognição através do constructo teórico modelo mental, o qual tem sido utilizado na pesquisa em diferentes campos. Apesar disso, não existe uma definição consensual explícita do que seja um modelo mental (GRECA; MOREIRA, 1998; BORGES, 1999; GUTIERREZ, 2005).

O constructo modelo mental é conceituado teoricamente a partir da publicação de duas grandes obras. A primeira delas, editada por Gentner e Stevens (1983), é uma coleção de artigos sobre o assunto. Nela, várias visões sobre o conceito são apresentadas de maneira mais ou menos explícita. Estas visões estão focalizadas principalmente no conhecimento que as pessoas desenvolvem sobre os fenômenos físicos e especialmente sobre os dispositivos tecnológicos e mecânicos. O segundo livro (JOHNSON-LAIRD, 1983) é um trabalho em que o autor oferece uma teoria unificada e explicativa de diferentes fenômenos cognitivos, como o raciocínio dedutivo e a compreensão de textos (GRECA; MOREIRA, 1998).

Dentro da visão de modelos mentais apresentada por Gentner e Stevens (1983), um modelo mental é um tipo de representação implícita, incompleta, imprecisa, incoerente com o conhecimento normativo em distintos domínios, que se caracteriza por sua utilidade ao ser uma potente ferramenta explicativa e preditiva na interação dos sujeitos com o mundo, e uma fonte fiável de conhecimento, pois se deriva da nossa própria experiência perceptiva e manipuladora sobre o mundo. Para os autores desta corrente, o maior compromisso do modelo mental é sua funcionalidade para o sujeito que o constrói, e sua principal função é permitir interatuar com o sistema físico representado e fazer previsões e explicações sobre o mesmo.

Para Johnson-Laird (1983), os processos mentais podem ser estudados a partir da observação das representações mentais que se caracterizam em pelo menos três tipos:

- As representações proposicionais, definidas como representações de significados ou cadeias de símbolos verbalmente expressáveis, semelhantes à linguagem natural, no sentido de que requerem regras sintáticas de combinação.
- As Imagens, que são representações bastante específicas que retêm muitos dos aspectos perceptivos de determinados objetos ou eventos, vistos de um ângulo particular, com detalhes de certa instância do objeto ou evento.
- Os Modelos mentais definidos como representações analógicas, um tanto quanto abstraídas, de conceitos, objetos ou eventos que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo

(imagens ou proposições) e que, em geral, não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento (MOREIRA, 1996).

Na proposta teórica de Johnson-Laird (1983), um modelo mental é uma representação interna de informações que corresponde analogamente àquilo que está sendo representado. Existe uma correspondência direta entre entidades e relações presentes na estrutura dessa representação e as entidades e relações que se busca representar (GRECA; MOREIRA, 1998), a partir de esta perspectiva, os modelos mentais são representações analógicas estruturais do mundo e com base nesses modelos interagimos com a realidade e elaboramos conclusões sobre as coisas.

As propostas de Gentner e Stevens (1983) e Johnson-Laird (1983), marcam a origem teórica do constructo modelo mental e abrem espaços para o uso deste conceito em diferentes contextos. Ainda que derivem de linhas teóricas de pensamento diferentes, apresentam pontos comuns que dão uma unidade ao constructo nas Ciências cognitivas, os quais, segundo Gutierrez (2005), são:

- a. Os propósitos funcionais do modelo mental, ou seja, a explicação do comportamento do sistema físico modelado e a predição de futuros estados do sistema físico modelado.
- b. Os elementos constitutivos essenciais do novo constructo, caracterizados por:
  - b.1 uma primeira representação do sistema físico, o do estado do mundo que se deseja modelizar;
  - b.2 uma segunda representação derivada da primeira, que dispõe de um sistema de inferência que permite a predição de futuros estados do sistema modelado;
  - b.3 a segunda representação tem a propriedade de poder executar-se mentalmente (simulação mental), de forma que se podem comparar os comportamentos do sistema modelado com os que teria o sistema físico “real” colocado em funcionamento.
- c. Os modelos mentais fazem parte do âmbito dos conhecimentos implícitos (não estão no âmbito da consciência explícita do usuário).
- d. Os modelos mentais não são completos (não contém todos os elementos do sistema que desejam representar, se não só aqueles que são úteis para o propósito do usuário) (GUTIERREZ, 2005).

Este mesmo autor também argumenta que a principal diferença entre estas duas concepções de modelos mentais está relacionada à execução mental do modelo. Na perspectiva

de Jonson-Laird os modelos mentais são coerentes e esta coerência permite fazer predições importantes sobre o estado do sistema. Em contrapartida, na perspectiva de Norman (1983) e Gentner e Stevens (1983), os modelos mentais não são necessariamente coerentes, pois podem aparecer contradições em sua execução, especialmente se existe uma mudança no entorno de execução.

Tomando ambas as perspectivas em consideração, autores como Borges (1999) argumentam que estas propostas podem ser olhadas como complementares e não como concorrentes. Nesta mesma linha, o autor cita trabalhos como os de Collins e Gentner (1987), Hayes (1985), e de Kleer e Brown (1981). Para estes autores o que parece característico de um modelo mental é a possibilidade dele ser simulado mentalmente, além de sua natureza explicativa e preditiva.

A seguir, apresentamos algumas definições de diferentes autores que permitem nos apropriarmos de uma posição conceitual sobre o que podemos chamar modelo mental:

Para Hampson e Morris,

Modelos mentais são como blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinaados conforme necessário. Como quaisquer outros modelos, eles representam o objeto ou situação em si; uma de suas características mais importantes é que sua estrutura capta a essência (se parece analogicamente) dessa situação ou objeto (1996 apud MOREIRA, 1996, p. 197).

Para Norman,

Os modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem. Eles servem para explicar o comportamento do sistema, fazer previsões, localizar falhas e atribuir causalidade aos eventos e fenômenos observados (1983, apud MOREIRA, 1996, p. 197).

Para Rouse e Morris,

[...] modelos mentais são os mecanismos através dos quais os humanos são capazes de gerar descrições do propósito e da forma de um sistema, explicar o funcionamento do mesmo e os seus estados observados, e prever os estados futuros [...] (1986 apud BORGES, 1999 p. 69).

Para Carroll e Olson,

Um modelo mental é uma estrutura rica e elaborada que reflete a compreensão do usuário do que o sistema contém, de como ele funciona e de por que ele funciona daquela forma. Ele pode ser imaginado como conhecimento sobre o sistema suficiente para permitir ao usuário experimentar ações mentalmente antes de executá-las (1988 apud BORGES, 1999, p. 69).

Para Borges,

Um modelo mental é uma forma de organizar nosso conhecimento sobre um determinado objeto, processo ou fenômeno que usamos para pensar sobre eles por meio de simulação mental. Esses modelos capacitam-nos a realizar ações inteiramente na imaginação. Isso permite-nos internalizar as representações que criamos para as

coisas e os estados de coisas no mundo e processá-los como se fossem externos (BORGES,1999 p. 70).

Para Amador, Gallego e Perez,

Modelos mentais podem ser definidos como representações cognitivas internas de caráter conceitual, metodológico, atitudinal e axiológico a partir do qual os indivíduos reconstróem e constroem explicações, para si mesmos e para os outros (AMADOR; GALLEGO; PEREZ, 2008 p. 11).

Para Vosniadou,

[...] é um tipo especial de representação mental que difere de outros tipos de representações na medida em que é um análogo para o estado de coisas que representa (percebidas ou concebidas) [...] Modelo mental é uma estrutura dinâmica que é criada com a finalidade de responder perguntas, resolver problemas, ou lidar com outras situações. Os modelos mentais são gerados e restringidos pelas estruturas conceituais subjacentes (VOSNIADOU, 1992 p. 543).

Neste sentido, nestas discussões sobre o conceito de modelo mental sugerem certas características gerais, listadas a seguir:

- Um modelo mental é diferente de uma representação de informações isoladas sobre o sistema: é uma estrutura rica e elaborada (BORGES, 1999).
- Um modelo mental representa diferentes tipos de informação: o que o sistema contém, como ele funciona, como é a sua estrutura e por que se comporta de uma determinada maneira. Esses aspectos estão relacionados com a ontologia dos objetos e eventos que existem ou são imaginados existir no mundo (BORGES, 1999).
- Um modelo mental, para algumas pessoas pelo menos, é diferente de outras formas de conhecimento, pois ele pode ser 'rodado' com entradas exploratórias, de forma a poder imaginar o resultado (BORGES, 1999).
- Um modelo mental envolve certo grau de sistematicidade e coerência (BORGES, 1999).
- Os modelos mentais podem ser explorados no sentido de gerar previsões e explicações acerca de um evento e/ou sistema (GRECA; MOREIRA, 1998).
- Os modelos mentais podem mudar num sentido evolutivo por meio de enriquecimento, que envolve a adição de informações aos modelos existentes na estrutura cognitiva dos alunos, ou por meio de revisão, que implica mudanças nas crenças do indivíduo ou na estrutura relacional do modelo (VOSNIADOU, 1992).
- Um modelo mental é composto de diferentes entidades e das relações que entre elas se estabelecem, representando um estado particular das coisas que está estruturado

de uma maneira adequada e coerente com o uso previsto. Nesse sentido, não existe um único modelo mental para um determinado estado das coisas. Ao contrário, podem existir vários modelos que obedecem ao processo que se pretenda operar. Cada modelo mental é uma representação analógica desse estado das coisas e, reciprocamente, cada representação analógica corresponde a um modelo mental (MOREIRA, 1996).

- Os modelos mentais são diferentes das concepções alternativas, as quais podem ter sua origem em modelos mentais que tem certa estabilidade cognitiva e que são utilizados para gerar uma previsão sobre o comportamento de um sistema físico o qual pode dar origem a uma concepção alternativa. A relação entre os modelos mentais e as concepções alternativas é ainda um tema que precisa ser estudado teórica e empiricamente (MOREIRA; GRECA, 2002).

Para finalizar, modelos mentais têm sido utilizados para analisar a atividade científica e o Ensino de Ciências. Neste sentido estabelece-se uma relação entre os modelos mentais, os modelos científicos, e os modelos ensinados em sala de aula. Estes últimos são denominados por autores como Greca e Moreira (1998) como modelos conceituais. Na próxima seção definiremos de forma mais ampla a relação existente entre estes tipos de modelos.

### 2.3. Modelos no Ensino de Ciências

Segundo a teoria de Johnson-Laird (1983) os modelos mentais são representações mentais internas que se caracterizam por serem incompletas, imprecisas, limitadas e não necessariamente corretas do ponto de vista científico. Eles são caracterizados principalmente por sua funcionalidade, isto é, são representações que permitem ao indivíduo explicar situações e/ou fenômenos, embora nem sempre a partir de uma perspectiva cientificamente aceita.

Quando o modelo mental é colocado no domínio público e expresso através da fala ou da escrita, ele pode ser chamado de **modelo expresso** (GILBERT, 2007). Quando os cientistas e pesquisadores de um domínio científico chegam a um modelo compartilhado, aceito e validado pela comunidade científica, pode ser denominado de **modelo científico**, como, por exemplo, o Modelo do Átomo de Schrödinger (GILBERT, 2007).

No entorno educativo, os modelos científicos e históricos são muitas vezes modificados em versões simplificadas, chamadas de **modelos curriculares**. Os **modelos de ensino** são

modelos desenvolvidos para apoiar a aprendizagem dos modelos curriculares frequentemente usados na forma de analogias ou metáforas (GILBERT, 2007).

Na literatura no Ensino de Ciências alguns autores (NORMAN, 1983; GRECA; MOREIRA, 1998) utilizam o termo **modelos conceituais**, definidos como construções teóricas que são projetadas como ferramentas para a compreensão e/ou ensino dos sistemas naturais (NORMAN, 1983). Os modelos conceituais são concebidos e desenvolvidos por engenheiros, cientistas, professores, etc. com a intenção de facilitar a compreensão ou a aprendizagem de sistemas e fenômenos físicos. Modelos conceituais são representações externas consistentes com o conhecimento socialmente validado, que são compartilhados por uma comunidade de usuários (GRECA; MOREIRA, 1998). A partir destas definições, os modelos conceituais se assemelham aos modelos curriculares de Gilbert (2007), os quais são versões simplificadas dos modelos científicos com propósito de ensino.

No processo de ensino, o professor ensina modelos conceituais (modelos curriculares, segundo o sentido dado por Gilbert (2007)) e espera que o aluno construa modelos mentais consistentes com esses modelos conceituais que, por sua vez, devem ser consistentes com os sistemas físicos modelados. É importante salientar que os modelos conceituais são, então, instrumentos de ensino, mas a ferramenta de aprendizagem é o modelo mental, que é a representação que permite ao aluno a atribuição de significado para os modelos conceituais que o professor apresenta (GRECA; MOREIRA, 1998).

Entretanto, a relação produzida na sala de aula entre o modelo conceitual e os modelos mentais do aluno não é tão direta. Para Caamaño (2011), quando o professor pede ao aluno que interprete um fenômeno ou fato, geralmente está pedindo para fazê-lo a partir de um modelo. No entanto, isso nem sempre é óbvio para o aluno; muitos deles não conseguem identificar o tipo de explicação que é solicitada, apelando para explicações superficiais baseadas no senso comum. Esta situação se instala, pois a maior parte dos alunos não conta com as representações mentais adequadas, que permitam dar conta do fenômeno.

Além disso, quando o professor apresenta um modelo conceitual a seus alunos, muitos alunos desconhecem que o que é apresentado em sala de aula constitui um modelo conceitual. Isto acontece basicamente devido a dois fatores: em primeiro lugar os alunos não têm o conhecimento nem o domínio necessário para interpretá-los como modelos conceituais; em segundo lugar, os alunos muitas vezes não entendem que o modelo conceitual é uma representação simplificada e idealizada de eventos ou situações, não o fenômeno ou a própria situação.

Como consequência, se faz necessário que as práticas de aula, gerem as condições para que os alunos construam representações mentais mais potentes, que permitam a construção e evolução dos modelos mentais dos estudantes, de modo a produzir uma maior consistência em relação aos modelos conceituais da Ciência. Em relação a este propósito as pesquisas em Ensino de Ciências vêm reconhecendo a importância de fundamentar o ensino na construção de modelos. Esta proposta, conhecida como modelagem no Ensino de Ciências, é abordada a seguir.

#### **2.4. Modelagem na Ciência e modelagem no Ensino de Ciências**

No campo da Ciência, a modelagem é concebida como uma das atividades principais dos cientistas. Segundo Bunge (1974), a modelagem é uma instância mediadora entre o teórico e o empírico. Os modelos construídos pela Ciência são os intermediários entre a teorização do conhecimento, que se caracteriza por sua generalização e abstração e os dados empíricos que são específicos e concretos, presentes em toda experiência sensitiva (BUNGE, 1974).

Para Nersessian (1992), as tarefas de resolução de problemas que geram uma inovação conceitual na Ciência são baseadas em modelos "mentais", neste sentido, o autor descreve a modelagem como um processo de raciocínio, que pode ocorrer em pelo menos três formas pensadas na criação e transformação das representações informais de um problema (NERSESSIAN, 1992): a analógica, a visual e de experiência mental.

Para Caamaño (2011), a pesquisa científica se caracteriza pelo desenvolvimento, avaliação e revisão de modelos, explicações e teorias com critérios e estratégias próprios das Ciências. Assim, a atividade de modelagem seria, então, um dos elementos principais da atividade científica (CAAMAÑO, 2011).

Na perspectiva de Aduriz e Izquierdo (2009), a modelagem é um processo que toma diferentes significados na Ciência:

- É o processo de criação de modelos científicos originais relacionados ao corpo de conhecimentos estabelecidos num determinado momento histórico.
- Consiste na construção de argumentos nos quais se submetem à consideração os fatos científicos pesquisados aos modelos disponíveis que possam dar explicação.
- Supõe o ajuste dos modelos estabelecidos à causa da aparição de novos dados “anômalos” durante a pesquisa, como resultado do contraste por meio de hipóteses teóricas.

- Inclui também o exercício intelectual de aplicar modelos já existentes para explicar fatos já estudados dentro de um ambiente de ensino e formação (ADURIZ e IZQUIERDO, 2009).

Assim podemos falar de modelagem quando se faz uma inovação na criação de um modelo pela comunidade científica, quando o modelo é aplicado para explicar um fenômeno, quando o modelo é avaliado, e quando este é aplicado como parte de um processo formativo. Em analogia com o significativo papel da modelagem na atividade científica podemos pensar que a construção de conhecimento das Ciências na sala de aula, implica necessariamente aprender a desenvolver, aplicar, avaliar e revisar modelos (CAAMAÑO, 2011).

No Ensino de Ciências a Modelagem é um conceito cada vez mais presente na literatura de pesquisa. Entretanto, tem sido entendido sob diferentes perspectivas e com diferentes enfoques no uso em sala de aula. A seguir, são descritas algumas destas perspectivas e seus principais aspectos:

**1.** Halloun (1996) elaborou uma proposta chamada por ele de modelagem esquemática, definida como:

A modelagem esquemática é uma teoria epistemológica em desenvolvimento, fundamentada na pesquisa cognitiva. Esta teoria sustenta que os modelos são componentes principais do conhecimento de qualquer pessoa e que a modelagem é um processo cognitivo básico para construir e usar o conhecimento no mundo real (HALLOUN, 1996, p. 1021).

Halloun (1996) para definir a modelagem esquemática fundamenta-se em três premissas:

- Construimos modelos mentais que representam aspectos significativos do nosso mundo físico e social, e manipulamos elementos desses modelos quando pensamos, planejamos e tentamos explicar eventos desse mundo.
- Nossa visão do mundo é causalmente dependente tanto de como o mundo é, como de como nós somos. Assim, como manifesta Johnson-Laird (1983), nosso conhecimento sobre o mundo depende da nossa habilidade de construir modelos sobre ele (JOHNSON-LAIRD, 1983).
- Modelos mentais são internos às mentes das pessoas. Eles são tácitos e não podem ser explorados diretamente, mas podem ser investigados indiretamente via modelos conceituais, com os quais as pessoas se comunicam com as outras

verbalmente, simbolicamente ou pictoricamente (e/ou via modelos físicos, que são artefatos materiais).

Em relação à modelagem no Ensino de Ciências, Halloun (1996) a relaciona ao desenvolvimento de um processo no qual se seleciona uma situação e se identifica aqueles elementos importantes do sistema, para que, situado num contexto teórico, se possa construir ou escolher um modelo que posteriormente se avalia, em concordância, com diferentes regras. Neste sentido, Halloun (1996) define um roteiro do processo de modelagem esquemática, o qual é apresentado a seguir:

1. Todo processo de modelagem começa com a seleção de uma situação física que é objeto de estudo. Esta situação física pode fazer parte do mundo real, pode ser uma experiência de laboratório, uma simulação de um fenômeno, ou uma situação hipotética apresentada num livro didático.
2. Continua com a explicitação da composição do sistema físico em questão e do respectivo fenômeno. Simultaneamente se deve identificar o propósito para o qual vai se construir o modelo e a validade do mesmo incluindo seu grau de precisão.
3. Elaborados os dois importantes passos anteriores, Halloun (1996) propõe fazer a seleção da teoria adequada no contexto em que este se elaborara. Por exemplo, se temos um problema de movimento retilíneo uniforme, pode ser conveniente para o propósito de estudo selecionar o modelo de partícula livre.
4. O modelo é processado e validado continuamente. Na validação do modelo o estudante verifica a consistência interna, e representa todas as propriedades requeridas do sistema.
5. A análise do modelo, no caso da resolução de problemas, consiste principalmente em executar o modelo matemático, obter respostas de problemas e interpretá-las, além de analisar o cumprimento dos propósitos elaborados e a validade dos resultados.
6. O desdobramento do modelo ocorre com transferência do modelo a outras situações, assim como as inferências realizadas no modelo em relação a outros sistemas físicos e a construção de outros modelos a partir do utilizado.

Esta proposta, fundamentada na teoria dos modelos mentais (JOHNSON-LAIRD, 1983), significa, no contexto de sala de aula, e em particular do ensino de Química, o desenvolvimento de atividades nas quais, a partir da experimentação, a simulação de um fenômeno ou uma

situação hipotética, propicia-se a elaboração de uma série de atividades nas quais o estudante deve reconhecer identificar e descrever os aspectos relevantes da situação ou fenômeno em questão. Após, o estudante deve se apropriar da teoria adequada para elaborar um modelo sobre aquele fenômeno, ou situação e começar um processo de validação do mesmo, a partir da análise de suas propriedades, a resolução de problemas e análises de outras situações a partir do modelo construído.

2. Gutierrez (2004), seguindo a teoria de Johnson-Laird, considera que a construção de modelos mentais ocorre através de três representações:

- 1. Uma primeira representação mental da modelagem do sistema físico consiste em imaginar as entidades que o constituem e suas propriedades.
- 2. A segunda representação mental, que são as regras de inferência ou as regras operacionais, permite a previsão de possíveis estados futuros do sistema físico modelado.
- 3. Uma terceira representação consiste na execução ou simulação do modelo, aplicando mentalmente regras para seu funcionamento, que permitam verificar a correspondência entre o resultado da simulação e o comportamento do sistema físico modelado.

Em concordância com estas ideias, os passos para ajudar os alunos a modelar um fenômeno ou processo seriam:

- Selecionar o fenômeno a ser modelado.
- Definir o modelo a ser construído (modelo escolar).
- Selecionar (se é aplicável), levando em consideração as ideias prévias dos estudantes, as analogias ou semelhanças que possam aproximar o modelo mental dos alunos ao modelo escolar.
- Solicitar aos alunos para expressar como eles imaginam seu modelo mental (elementos, propriedades e regras de funcionamento).
- Ajudar o aluno a realizar uma simulação mental do modelo e compará-lo com o fenômeno que está sendo modelado.
- Se houver correspondência, passar à fase de contraste experimental, generalização e previsão.

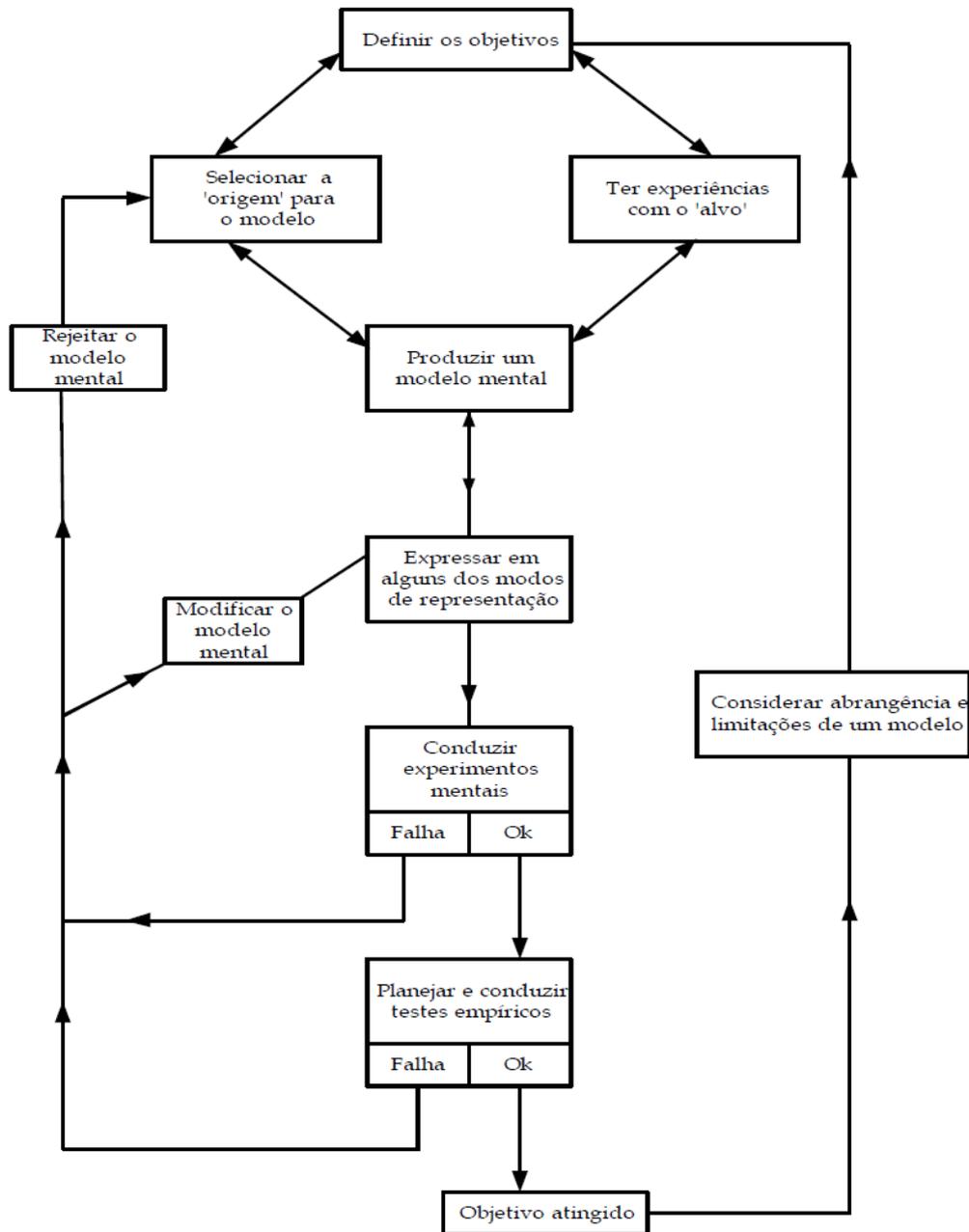
- Se não houver correspondência, ajudar a avaliar e redesenhar o modelo mental, quanto às entidades constituintes do modelo, suas propriedades ou regras de funcionamento.
- Se a modelagem é válida, investigar os limites do modelo.

Fundamentada na teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983), a proposta de Gutierrez (2004) para a modelagem em sala de aula torna-se interessante ao considerar as ideias prévias do estudante como ponto de partida, o que permite selecionar as analogias ou semelhanças que podem aproximar o modelo mental dos alunos ao modelo escolar. Além disso, desenvolvem-se atividades como a construção e expressão do modelo, a simulação mental e a experimentação na fase do contraste do modelo.

3. Justi (2006), em sua proposta de modelagem, parte da definição da Ciência como um processo de construção de modelos com diferentes capacidades de previsão. A autora argumenta que esta definição permite ligar os processos e produtos da Ciência, entendendo por processo a elaboração e utilização de modelos como ferramentas de pensamento científico, e como produtos os modelos gerados por esses processos da Ciência. Assim, a modelagem é considerada um aspecto fundamental no processo dinâmico e não-linear de construção do conhecimento científico (JUSTI, 2006).

No Ensino de Ciências, Justi (2006) concebe a modelagem como: “um processo que ocorre quando os alunos aprendem a dar sentido aos fatos que observam, construindo relações e explicações cada vez mais complexas” (JUSTI, 2006, p. 178). Tomando como base o processo de construção de modelos pelos cientistas, particularmente na proposta de um modelo cognitivo de Ciência de Clement (1989), Justi e Gibert (2002) propõem o diagrama que é apresentado na Figura 6 e que representa uma rota metodológica para a modelagem na Ciência.

**Figura 6.** Rota metodológica para o processo de construção de modelos científicos.



Fonte: Justi e Gibert (2002)

Justi e Gibert (2002) salientam a possibilidade de utilizar este diagrama proposto no contexto da Ciência, para a modelagem na sala de aula; na transposição deste modelo é preciso levar em consideração que este não implica que se considere que os alunos devem pensar como cientistas, ou comparar-se com eles, mas sim, que a participação dos alunos numa proposta deste tipo pode contribuir para que aprendam de uma maneira mais participativa (JUSTI, 2006). Outro aspecto a considerar é que para que esta proposta possa ser aplicada é preciso que os alunos tenham uma visão geral sobre a natureza e uso dos modelos. É necessário considerar no

início, atividades para a discussão sobre os modelos e seu uso na Ciência, de modo que os alunos tenham clareza que os modelos da Ciência adquirem diferentes significados na vida cotidiana. Superada esta fase, a modelagem na sala de aula ocorre através das seguintes etapas:

**Etapa 1:** Esta etapa inclui as seguintes ações

1. Definir os objetivos para os quais o modelo será construído.
2. 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.
3. Elaboração do modelo mental inicial que pode se dar através da obtenção e organização de experiências relevantes, da seleção de uma origem adequada (por exemplo, uma analogia) ou da criatividade e raciocínio do indivíduo.

**Etapa 2:** Nesta etapa se define o modo de representação do modelo mental, em algum dos modos de representação (material, visual, verbal, gestual ou matemática), ou em uma combinação deles. Os modelos, uma vez elaborados, devem ser socializados, isto está relacionado com o próprio fazer científico, onde os modelos são apresentados à comunidade científica para julgamento.

**Etapa 3:** 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 nos testes (falha), torna-se necessário modificá-lo, reformulando o modelo expresso e retornando às etapas anteriores, ou mesmo rejeitando-o e, propondo um novo modelo, retomando a etapa inicial do processo.

**Etapa 4.** O modelo é avaliado e se o modelo expresso for bem-sucedido na fase de testes e cumprir 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.

Em contraste aos enfoques anteriores, que desenvolviam sua proposta de modelagem com base na teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983), a visão da modelagem de Justi (2006) integra desde o marco epistêmico os referenciais de base do Modelo Cognitivo da Ciência (GIERE, 1998) e fundamenta sua proposta de modelagem em sala de aula a partir do processo de construção de modelos na Ciência.

A proposta de Justi (2006) conduz a um aspecto essencial para o processo de modelagem: este deve ser explícito, os alunos devem ser ensinados sobre o significado dos modelos e submetidos aos procedimentos a partir dos quais construam modelos mentais que lhes permitam compreender os modelos conceituais ensinados.

De modo similar às propostas apresentadas anteriormente, a proposta de Justi (2006) permite o desenvolvimento de habilidades próprias da aprendizagem das Ciências, como a observação a experimentação, o contraste de hipóteses. Contudo, um importante elemento que se ressalta na proposta de Justi (2006) é o processo no qual se realiza a socialização dos modelos construídos, que corresponde à validação social do conhecimento através da argumentação do estudante.

Uma crítica às sequências didáticas fundamentadas na modelagem como a de Halloun (1996), Gutierrez (2004) e Justi (2006), é elaborada por Caamaño (2011). Para este autor em geral, a maior parte destas sequências envolvem um caráter conceitual e disciplinar orientado para a resolução de problemas teóricos no marco do desenvolvimento dos modelos, e não de problemas de ordem prática e contextualizada em um entorno CTS.

Tendo em consideração esta crítica, notamos que, em geral, nas três propostas apresentadas não se incluem ou não se salientam, a indagação e a contextualização de situações em relação com o cotidiano do estudante como elemento integrador da proposta. A seguir, se apresenta a as ideias defendidas por Izquierdo (2004). Esta proposta é voltada diretamente para a Química e inclui a contextualização e indagação como parte dos elementos que a integram.

**4.** Izquierdo (2004) e Izquierdo et al. (2007), de forma similar a outros autores, fazem uma analogia entre o papel dos modelos na produção do conhecimento na Ciência e a construção de conhecimento em sala de aula. Para estes autores a Modelagem na Ciência é parte do processo de descoberta e de justificação de novos conhecimentos, principalmente quando os cientistas contrastam os novos fenômenos com "modelos" que têm sentido na teoria de referência (IZQUIERDO, 2004).

Ao comparar este processo com a modelagem no Ensino de Ciências, a autora adverte que neste contexto o processo da modelagem é mais complexo, uma vez que os estudantes não conhecem as teorias e suas aplicações. Portanto, é preciso partir da formulação de boas perguntas na resolução de problemas, utilizar o trabalho experimental, ler bons textos e argumentar na interpretação dos resultados experimentais, com o objetivo de dar sentido a um conjunto de "fatos" aparentemente diferentes entre si, mas que podem ser interpretados de forma semelhante pelas entidades teóricas que se desejam ensinar (IZQUIERDO, 2004).

Izquierdo (2004) desenvolve uma proposta para o processo de modelagem, particularmente no Ensino de Química, que nomeia como: contextualizar e modelizar. Esta proposta assume como referencial teórico a reflexão histórico-epistêmica sobre o conhecimento na Química. A autora argumenta que a compreensão do discurso desta área de conhecimento, necessita de desenvolvimento e diferenciação por parte do aluno, entre os modelos de átomo Daltoniano e Quântico; cada um destes modelos explica fenômenos diferentes, razão pela qual, ambos, devem ser considerados no ensino.

Além deste marco teórico de referência, a autora sustenta sua proposta no aporte dos trabalhos práticos escolares e simulações de computador que estão sendo concebidas como modelagem, na análise das teorias de aprendizagem que enfatizam o papel das interações sociais no processo de construção social do conhecimento, e no papel da linguagem e da metacognição.

A partir destes referenciais, Izquierdo et al. (2007), para definir a modelagem, citam a Justi (2006): “se concebe como o processo que ocorre quando os alunos aprendem a dar sentido aos fatos que observam, construindo relações e explicações cada vez mais complexas” (JUSTI, 2006 p. 178). Nesta perspectiva Izquierdo et al. (2007) integram a Modelagem ao processo que denominam “atividade científica escolar”, que se caracteriza pela realização de uma sequência de ensino e aprendizagem na qual a experimentação, modelagem e a discussão interagem para promover uma “reconstrução racional dos fenômenos” (IZQUIERDO et al., 2007), ou seja, uma interpretação e compreensão do fenômeno a partir dos modelos conceituais que se desejam ensinar. Assim, propõe-se uma rota para a “atividade científica escolar” na qual se integra a modelagem em sala de aula, reconhecendo as seguintes etapas:

- 1. Exploração: Fazer a seleção de fenômenos que levem a situações em que os alunos possam opinar, e nas quais possam intervir com alguma autonomia. Nesta fase, devem-se sugerir perguntas que os estimulem a agir e pensar. As situações apresentadas devem ter significado para os alunos, tanto em um “modelo científico escolar prévio”, como em um modelo gerado no contexto cotidiano.
- 2. Estruturação: Uma nova experiência mais controlada é proposta, na qual as questões tornam-se hipóteses teóricas que se devem comprovar. Propõem-se novas experiências e se introduzem os símbolos químicos e conceitos apropriados. Reflete-se sobre que razões justificam os fenômenos observados e se identifica se correspondem a uma mudança Química. Promove-se a explicação do que acontece com desenhos, esquemas e modelos, que permitam explicar o que ocorre no nível submicroscópico e voltar a intervir no fenômeno estudado.

- 3. Avaliação e aplicação: Justifica-se o que aconteceu mediante o uso de símbolos químicos e os conceitos apropriados. São utilizadas as mudanças de massa apresentadas na reação Química para rastrear o que acontece com os elementos e substâncias envolvidas na reação. A situação observada torna-se um "fato científico" que pode ser repetido várias vezes, com os mesmos resultados. A partir dele, são explicados fenômenos semelhantes, mas não todos. Assim, são necessárias novas modelagens para novas famílias de fenômenos, que também seguem as regras de uma reação Química.

Izquierdo et al. (2007) argumentam que ensinar Química com atividades de modelagem dos fenômenos permitiria recuperar o sentido prático e axiológico dos conceitos químicos. Além disso, se os fenômenos escolhidos são socialmente relevantes, esta abordagem de ensino pode ser útil na alfabetização científica dos cidadãos, permitindo introduzir os conceitos científicos a partir do conhecimento profundo de fenômenos com os quais podemos interagir.

Na perspectiva de Izquierdo et al. (2007) salienta-se que a modelagem é integrada como parte de um processo de construção de conhecimento em sala de aula, a partir de uma perspectiva investigativa nomeada “atividade científica escolar”. Neste processo a modelagem é acompanhada de processos como a indagação, experimentação, contextualização e socialização do conhecimento, que têm um importante papel na aprendizagem e compreensão das Ciências, particularmente da Química.

Salienta-se também que modelagem é vista de forma particular na Química como o processo através do qual os fenômenos químicos são interpretados, estruturando um modelo da reação Química, o qual se vai construindo ao estudar novos fenômenos sugerindo novas interpretações para um mesmo fenômeno com diferentes níveis de abrangência, e uma compreensão da Química focalizada na compreensão dos fenômenos. Nesta proposta é de significativa importância a relação que o estudante possa estabelecer entre o que observa no nível macroscópico e o que acontece ao nível submicroscópico (átomos e moléculas), além da utilização de entidades Químicas simbólicas, como os símbolos dos elementos, fórmulas e equações químicas na compreensão e interpretação dos fenômenos.

Assim, os fenômenos selecionados serão aqueles que sejam relevantes e que permitam a intervenção dos estudantes do modo mais autônomo possível, devem ser conhecidos e adequados ao contexto sociocultural do aluno resultando sua abordagem interessante para o aluno, devem ser passíveis de serem representados de forma abstrata para se relacionar com outros. Algumas fontes destes fenômenos provem da vida cotidiana (por exemplo cozinhar, e

fazer sabão), da 'Ciência integrada' (por exemplo a função da clorofila, a respiração celular, a nutrição) ou das novas propostas que vinculam a Ciência, tecnologia e sociedade CTS (por exemplo problemas ambientais, tais como o problema de dióxido de carbono e o aquecimento global, a chuva ácida entre outros) (IZQUIERDO et al., 2007).

Em conclusão, as diferentes propostas de utilização da modelagem apresentadas caracterizam-se por conceber o processo da modelagem como um processo de construção do conhecimento em sala de aula, a partir da elaboração, estruturação e desenvolvimento dos modelos mentais dos estudantes, que permitam dar explicação e oferecer melhores argumentos frente às perguntas que se elaboram.

Ainda que sejam enfoques diferentes cada um com suas próprias implicações didáticas, os autores concordam que o processo de modelagem é um processo semântico, ou seja, um processo de produção de significados a partir da elaboração de modelos. Eles também concordam em ressaltar que o processo de aprendizagem da modelagem deve ser explícito, ou seja, os alunos devem ser ensinados de forma consciente sobre os procedimentos a partir dos quais constroem modelos mentais que lhes permitam compreender os modelos conceituais ensinados (GRECA; MOREIRA, 1998).

No trabalho desenvolvido na presente Tese de Doutorado, considera-se a proposta da modelagem no Ensino de Ciências apresentada por Izquierdo et al. (2007) e por Justi (2006) como complementares, ambas fundamentadas na visão da Ciência como uma atividade cognitiva relacionada com o processo de construção, uso e desenvolvimento de modelos (GIERE, 1988), e estabelecem uma analogia entre a modelagem em Ciências e a modelagem em sala de aula. Ambas as propostas integram em seu desenvolvimento diferentes habilidades próprias da Ciência, que conduzem à exploração de fenômenos, a indagação, a construção de hipóteses, a elaboração de modelos, a comprovação experimental, a discussão e a socialização do conhecimento e a aplicação dos modelos elaborados em novos contextos. Um aspecto a salientar na proposta de Izquierdo et al. (2007) é a atenção à observação realizada por Caamaño (2011) sobre a necessidade de ligar os processos de modelagem com processos de Indagação e Contextualização em relação com as situações do entorno do estudante, enriquecendo a proposta de Justi (2006).

No processo de formação de professores desenvolvido nesta pesquisa considera-se que ambas as propostas devem ser apresentadas aos professores, propiciando a reflexão do professor em relação a cada uma delas e construindo um olhar próprio sobre a modelagem em sala de aula, como produto da discussão e a reflexão entre o coletivo de professores.

## **2.5. A formação de professores de Ciências em Atividades de Modelagem em sala de aula**

O reconhecimento do valor dos modelos e a modelagem na Ciência, tem levado à reflexão sobre a importância da modelagem no ensino das Ciências. Ao permitir aproximar o estudante do processo como se constroem, transformam e comunicam os conhecimentos nas Ciências (CHAMIZO, et al., 2010), também tem levado a reconhecer a necessidade da formação de professores em relação ao conhecimento sobre a natureza dos modelos nas Ciências, a modelagem e suas implicações no ensino.

A maior parte dos trabalhos neste sentido se focaliza em identificar o conhecimento dos professores sobre os modelos e a modelagem nas Ciências e no Ensino de Ciências. Desse modo, Van Driel e Verloop (1999) desenvolveram um estudo sobre a compreensão de professores experientes de Ciências no nível de ensino secundário sobre a natureza dos modelos. Neste estudo foi utilizado um questionário aberto com 15 questões, através do qual se percebeu como resultados que, em geral, os professores concordavam com a visão de que "um modelo é uma representação simplificada ou esquemática da realidade", embora existissem deficiências no conhecimento sobre outros aspectos relacionados à natureza dos modelos, como a diversidade de modos de representação, seu caráter explicativo e preditivo.

Justi e Gilbert (2003) desenvolveram um estudo com 39 professores em diferentes níveis – ensino fundamental, médio, universitário, além de professores em formação inicial –, utilizando uma entrevista que indagava sobre sete aspectos relacionados com a noção de modelo. No estudo foram reconhecidas diferenças na noção de modelo entre os professores com diferentes níveis de formação e, ainda, entre professores formados em diferentes disciplinas das Ciências. As conclusões deste trabalho apontam que não foi possível identificar "perfis de compreensão" nos professores, que atravessam completamente os sete aspectos investigados. A ausência desses perfis no pensamento dos professores sugere que eles provavelmente não possuem visões ontológicas e epistemológicas coerentes, o que apoiaria a realização de pesquisas que relacionam a compreensão dos professores sobre a natureza dos modelos como parte da compreensão no campo mais amplo da "natureza da Ciência". Além disso, sugere-se que as atividades de desenvolvimento profissional devem se preocupar com a compreensão dos sete aspectos indagados.

Poucos trabalhos são conhecidos na linha do desenvolvimento profissional de professores envolvendo os modelos e a modelagem no Ensino de Ciências, que discutam como desenvolver um processo de formação com esta orientação. Neste sentido, Figueiredo (2008) desenvolveu

uma pesquisa focalizada no desenvolvimento do conhecimento dos professores de Química que participaram de um grupo colaborativo de pesquisa-ação sob o modelo de raciocínio pedagógico de Shulman (1987). Nesta pesquisa foi analisada a atuação de duas professoras, e os resultados indicaram uma evolução significativa dos conhecimentos e práticas das professoras em seus contextos a partir da utilização deste modelo formativo.

Seguindo esta mesma linha de trabalho, Justi et al. (2011) desenvolveram uma proposta de formação de professores em diferentes países, estruturada no marco referencial do modelo de raciocínio pedagógico, na pesquisa-ação, e na prática de atividades de colaboração. Esta proposta, dirige-se a desenvolver o conhecimento pedagógico do conteúdo dos professores em relação aos modelos e a modelagem; uma maior descrição desta proposta foi elaborada no capítulo anterior. Esta pesquisa indica que o conhecimento sobre os modelos e a modelagem se apresentam como componente fundamental do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK).

Estes trabalhos salientam a importância dos processos de formação de professores sobre os modelos e a modelagem, evidenciando-os como uma das possibilidades interessantes para promover o desenvolvimento do conhecimento do professor a partir de processos de reflexão em grupos colaborativos. Esta orientação é explorada mais a fundo nesta pesquisa.

### 3. METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1. Fundamentos metodológicos da pesquisa

No presente trabalho, foram adotados os fundamentos da pesquisa qualitativa que, nas últimas décadas, tem tido um importante impacto na educação e, em particular, no ensino das Ciências, permitindo superar a tradição experimentalista de tipo quantitativo herdada do positivismo, abrindo a possibilidade de novas interpretações e compreensões mais holísticas das situações educativas (GUTIERREZ, 2000).

Sob a expressão de pesquisa qualitativa agrupam-se diversos tipos de investigações que compartilham diferentes características. A partir da perspectiva de Bodgan e Biklen (1994), estas características são:

- 1. Na pesquisa qualitativa a fonte direta dos dados é o ambiente natural, constituindo o pesquisador o instrumento principal. Na pesquisa qualitativa assume-se que o comportamento humano é significativamente influenciado pelo contexto em que ocorre, que os acontecimentos podem ser melhor compreendidos se eles são observados em seu contexto natural, levando em consideração as condições de produção dos dados, pelo que é muito importante a presença no lugar da pesquisa.
- 2. A pesquisa qualitativa é descritiva. Os estudos qualitativos são ricos em pormenores descritivos que permitem caracterizar as realidades pesquisadas e que podem ser utilizados para desenvolver categorias conceituais, além de ilustrar, defender ou desafiar pressupostos teóricos de outros estudos relacionados
- 3. A pesquisa qualitativa interessa-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos. O interesse principal na pesquisa qualitativa é estudar uma situação problema a fundo, reconhecendo como se evidencia em cada situação apresentada no contexto do problema, o que permite chegar a uma compreensão mais integral da situação e seu desenvolvimento.
- 4. Os pesquisadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva. Parte-se de questões ou focos de interesse amplos, que vão se

tornando mais diretos e específicos, no transcorrer da investigação. Assim, as hipóteses são geradas durante o desenvolvimento do processo investigativo, na medida em que os dados coletados vão sendo agrupados e suas análises vão permitindo construir um quadro coerente, que permite teorizar sobre o objeto de estudo.

O significado é de importância vital na abordagem qualitativa. A maneira como os indivíduos experimentam e interpretam suas vivências é de significativa importância, pelo que se deve considerar o ponto de vista do sujeito de pesquisa, no que se estabelece um diálogo de saberes entre o pesquisador e os respectivos sujeitos (BODGAN; BIKLEN, 1994).

Entre os tipos de pesquisa definidos na pesquisa qualitativa, define-se o presente trabalho como um estudo de caso. O estudo de caso se caracteriza como um tipo de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. No contexto educativo, este pode ser uma escola, um professor exemplar, um grupo de professores ou de estudantes (os quais compartilham algumas características comuns), um currículo, etc. Neste tipo de pesquisa investiga-se o fenômeno em seu contexto real, uma vez que o contexto desempenha um papel determinante nas situações que se estudam, evidenciando relações importantes na compreensão do objeto de estudo.

Os estudos de caso como método de pesquisa encontram suas justificativas na ideia da relação entre a totalidade e suas partes, ou seja, a compreensão das partes requer a compreensão de suas inter-relações no todo. Nesse sentido Moreira (2002, p. 9) afirma que: “É uma visão sistêmica que pressupõe que os elementos de um evento educativo, por exemplo, são interdependentes e inseparáveis e uma mudança em um elemento implica uma mudança no resto”. O pesquisador tenta estudar em profundidade a realidade; mesmo assim, tenta também apresentar uma visão total do fenômeno ou objeto de estudo, evidenciando sua complexidade.

No estudo de caso é necessária uma profunda análise das inter-relações entre as partes e das tendências ou padrões que emergem, a partir do raciocínio indutivo; assim as teorias, os conceitos ou as hipóteses surgem de um exame dos dados fundados no contexto, e não de variáveis isoladas. Para isso, as técnicas de pesquisa qualitativa são frequentemente as mais adequadas, incorporando múltiplas fontes de dados, o que faz do produto final uma descrição rica e densa, que ilumina a compreensão do leitor a respeito do objeto de estudo (SERRANO, 1998).

A eleição do enfoque qualitativo e do estudo de caso como tipo de pesquisa fundamenta-se no objetivo geral da pesquisa e na própria natureza do fenômeno de estudo: O objetivo da presente pesquisa é identificar o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) do professor sobre a ligação química e reconhecer seu desenvolvimento durante um processo formativo, no qual involucrou-se a reflexão em torno da modelagem como estratégia didática para o ensino da ligação química.

Neste sentido se pretende analisar o conhecimento pedagógico do conteúdo do professor, mas também se pretende gerar uma mudança no caso de estudo através do processo de intervenção consistente num processo formativo, pelo qual este tipo de estudo de caso encontra-se diretamente ligado à pesquisa-ação.

Em correspondência com o anterior, entre as diferentes classificações do estudo de caso consideramos pertinente a proposta por Stenhouse (1985 apud MOREIRA, 2002, p. 9) o qual classifica os estudos de caso em quatro tipos:

- Estudo de caso etnográfico, que envolve o estudo profundo de uma entidade singular geralmente através de observação participante e entrevistas.
- Estudo de caso pesquisa-ação, no qual o foco está em gerar uma mudança no caso em estudo.
- Estudo de caso avaliativo que envolve avaliação de programas e no qual, muitas vezes, um trabalho de campo mais condensado substitui a abordagem etnográfica mais demorada.
- Estudo de caso educativo que está desenhado para melhorar a compreensão da ação educativa.

Em concordância com esta classificação o estudo de caso pode ser feito através de uma pesquisa-ação (MOREIRA, 2002). Segundo Kemmis e McTaggart (1988), a pesquisa-ação é definida como uma forma de pesquisa coletiva autorreflexiva empreendida por participantes de situações sociais para melhorar a suas próprias práticas sociais ou educativas, assim como sua compreensão em relação a tais práticas e às situações em que ocorrem. Na pesquisa-ação, os professores são incentivados a questionar suas próprias ideias e teorias educativas, suas próprias práticas e seus próprios contextos como objetos de análise e crítica (KEMMIS; MCTAGGART, 1988).

Neste sentido, no desenvolvimento desta pesquisa se pretende gerar um processo de pesquisa-ação no qual se promove a reflexão do professor sobre seu PCK em relação

ao conceito de ligação química através de um processo formativo em grupos colaborativos sobre a modelagem como estratégia de ensino, com a intenção de gerar um desenvolvimento do PCK do professor. Assim, os professores participantes do processo constituem estudos de caso dos quais se pode obter uma descrição rica e detalhada de seu PCK e de seu desenvolvimento através do processo de reflexão.

### **3.2. Contexto geral da pesquisa e seleção do estudo de caso**

#### *3.2.1. Contexto geral de pesquisa*

A presente pesquisa se desenvolve numa escola do setor público, situada no perímetro urbano da cidade de Cali, Colômbia, no setor norte da cidade. A escola oferece educação básica, fundamental e média. Os estudantes que a frequentam são de um nível econômico-social baixo e médio-baixo, sendo a escola com maior população estudantil na cidade, com aproximadamente 6.000 estudantes, que assistem a aulas durante seis horas do dia, no período matutino ou vespertino. Levando em consideração o número de estudantes e de professores, a escola se encontra organizada internamente por Departamentos. No Departamento de Ciências Naturais da escola, se agrupam 18 professores das disciplinas Biologia, Física, Química e Ciências Naturais, oito deles sendo responsáveis pelo ensino da Química. No sistema educativo colombiano esta constituído por a educação pré-escolar, 5 anos de ensino básico primário, 4 anos de ensino básico secundário e dois anos de ensino médio, a Química, como disciplina particular, separada das outras Ciências, só é abordada no ensino médio. O conceito de ligação química, temática de interesse neste estudo, é abordado no primeiro ano de ensino médio.

Para cumprir com sua missão acadêmica a escola é dirigida por um reitor e cinco coordenadores, os quais cumprem diversas funções a nível acadêmico e de controle do comportamento dos estudantes. Levando em consideração a dimensão da escola e seu número de estudantes, a escola também conta com cinco professores de apoio pedagógico nas áreas de matemática, Ciências naturais, Ciências sociais, linguagem e tecnológica. Na atualidade o pesquisador faz parte deste grupo de professores na área de Ciências Naturais, e sua função é fortalecer os processos acadêmicos dos estudantes e a orientação de projetos pedagógicos com os professores da área de Ciências naturais.

Nesta escola a maior parte dos professores são titulares, sua permanência diária na escola é de seis horas diárias, trinta semanais, das quais vinte e duas horas correspondem à atuação em sala de aula, ministrando aulas, e as outras oito horas são utilizadas em

atividades relacionadas com seu trabalho (preparar aula, corrigir provas, atender pais ou responsáveis, participar de projetos entre outras múltiplas funções).

### 3.2.2. *Seleção do estudo de caso*

Em relação à seleção do estudo de caso, segundo Rodriguez et al., (1996) afirmam que,

Ainda que possam ser de utilidade os casos que são representativos, a seleção do estudo de caso não surge em termos de representatividade do mesmo, uma vez que a pesquisa qualitativa não é caracterizada pela sua intenção representante ou de generalizar. Pelo contrário, uma das características fundamentais da pesquisa qualitativa é a preocupação com o peculiar, subjetivo e idiossincrático do caso (RODRIGUEZ et al., 1996, p. 95, tradução nossa).

O autor indica que a potencialidade de um caso está relacionada com suas características próprias ou particulares, que fazem dele um caso interessante a ser abordado. Entretanto, este mesmo autor define alguns critérios gerais na eleição do caso:

- a) Seja de fácil acesso.
- b) Exista uma grande probabilidade de que se apresente uma mistura de processos, programas, pessoas, estruturas, e interações relacionadas com as questões de pesquisa.
- c) Seja possível estabelecer um bom relacionamento com os informantes.
- d) O pesquisador possa desenvolver o seu papel durante o tempo que for necessário.
- e) Seja possível garantir a qualidade e credibilidade do estudo.

Como critérios adicionais a serem considerados, situa-se em primeiro lugar a variedade, ou seja, fazer a seleção a partir de toda a gama de possibilidades em que o fenômeno se manifesta, de forma que nos permita a replicação (literal ou teórica). Em segundo lugar, é necessário equilíbrio, ou seja, fazer a escolha de casos, de modo que as características de uns sejam compensadas por outros. De qualquer forma, a escolha é feita pelo pesquisador, com base em critérios que não são totalmente explícitos (RODRIGUEZ et al., 1996).

Para efeitos da seleção do presente estudo de caso, reuniu-se um grupo colaborativo de professores interessados em participar do processo de formação proposto. O critério para participar do grupo colaborativo foi a disposição, motivação e interesse do professor em participar ativamente da pesquisa e em melhorar sua prática, além de estar atuando no

primeiro ano de ensino médio, no qual se desenvolve o conceito de ligação química nos programas curriculares nacionais.

O grupo colaborativo foi finalmente conformado por um grupo de quatro professores; para efeitos de preservar suas identidades, os professores foram identificados com pseudônimos. As características gerais de cada professor são apresentadas a seguir:

- O primeiro professor participante do grupo colaborativo, denominado professor João, tem formação profissional como tecnólogo químico, licenciado em Biologia e Química, e recentemente formado como mestre em Ensino de Ciências, com experiência de treze anos no ensino, seis deles atuando na escola na qual se desenvolve esta pesquisa.
- A segunda professora participante do grupo colaborativo, denominada professora Larissa, tem formação profissional como Licenciada em Biologia e Química, com experiência de vinte anos no ensino, dez deles atuando na escola na qual se desenvolve esta pesquisa.
- A terceira professora participante do grupo colaborativo, denominada professora Agatha, tem formação profissional como Engenheira Agrônoma, Mestrado em Ciências-Biotecnologia, e especialização em educação. Tem uma experiência de dez anos no ensino, todos eles atuando como professora na escola na qual se desenvolve esta pesquisa.
- A quarta professora participante do grupo colaborativo, denominada professora Katia, tem formação profissional como Licenciada em Biologia e Química, e Engenheira Química, tem uma experiência de vinte anos no ensino, quinze deles atuando na escola na qual se desenvolve esta pesquisa.

A partir do grupo colaborativo foram selecionados os professores sujeitos dos estudos de caso, tomando como critérios gerais os propostos por Rodriguez et al. (1996), e como critérios específicos os seguintes:

- Participação ativa do professor na maior parte das oficinas programadas no processo formativo.
- Participação ativa do professor nas atividades desenvolvidas pelo grupo colaborativo.

- Disposição do professor para o desenvolvimento das diferentes atividades relacionadas com a pesquisa.

Tendo em consideração estes critérios, selecionou-se dois estudos de caso: A professora Agatha e a Professora Larissa. O primeiro estudo de caso corresponde à professora Agatha, a qual apresenta as características gerais a seguir.

Desde o ano de 2005 a professora Agatha faz parte do grupo de professores ingressados na educação pública. Os docentes que ingressaram a partir deste ano, o fizeram através de concurso de méritos, o qual compreende uma prova escrita de competências matemáticas, linguísticas, pedagógicas e atitudinais na disciplina de ensino, além de uma entrevista e a revisão do curriculum do professor. Uma das características deste concurso é que está aberto a diferentes profissionais. Além dos licenciados, qualquer profissional com formação que apresente afinidade com a disciplina de ensino, poderia participar do concurso e ser selecionado, com a única condição de que em caso de aprovação no concurso, deveria realizar algum tipo de formação pedagógica a nível de pós-graduação durante o primeiro ano de ingresso na carreira docente.

Assim, a professora Agatha, profissional com formação em engenharia agrícola, com um Mestrado em Ciências-Biotecnologia, com experiência em pesquisa científica e no ensino universitário ministrando algumas disciplinas, foi aprovada no concurso de ingresso à carreira docente e se tornou professora de ensino médio. Durante seu primeiro ano de atuação como professora desenvolveu uma especialização em educação, cumprindo o requisito imposto para seu ingresso na carreira docente no ensino básico, secundário e médio.

Esta característica da professora Agatha faz dela um caso de interesse em relação ao referencial adotado. A partir da perspectiva de Shulman, “O conhecimento pedagógico do conteúdo PCK é a categoria que permite distinguir com maior probabilidade entre a compreensão do especialista numa área do saber e o a compreensão do pedagogo” (SHULMAN, 1986, p. 175) evidenciando a construção do conhecimento próprio da profissão docente, o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. O caso da professora Agatha permite levantar a questão sobre o desenvolvimento profissional de profissionais que, em sua formação inicial, carecem de formação pedagógica como a professora Agatha, e que atuam como professores, após passarem por processos de formação pedagógica, concomitante ao início de suas atividades didáticas no ensino médio.

O estudo de caso da professora Agatha resulta significativo para compreender esta questão geral e outras que se derivam dela, gerando conhecimentos importantes para a formação de professores que apresentam esta mesma condição, cada vez mais presente no setor educativo público do país, tendo em consideração a legislação educativa vigente e as condições de empregabilidade que fazem com que cada vez mais, seja maior o número de profissionais que procuram no setor educativo uma possibilidade de emprego estável e que devem construir e desenvolver um conhecimento profissional como professores.

Neste sentido, se torna interessante a questão de pesquisa que orienta este estudo no caso particular da professora Agatha, em especial sobre o processo reflexivo em torno dos modelos de ligação química e sua modelagem na sala de aula, pois permite acompanhar o desenvolvimento do PCK da professora sobre conceitos de fundamental importância na área de Química.

Tendo em consideração as características anteriores, também se torna importante o segundo estudo de caso que corresponde à professora Larissa, descrito a seguir.

Seguindo um processo similar, a professora Larissa faz parte do grupo de professores ingressados ao ensino público no ano 2005 através de concurso de méritos. Em contraste com a professora Agatha, a professora Larissa no momento de ingresso como professora de Química ao setor público, já tinha uma experiência de doze anos como professora de Ciências naturais e Química em uma escola privada, completando, atualmente, 23 anos de experiência na área de ensino. A professora Larissa é formada em licenciatura em Biologia e Química com ênfase em Química, não tem desenvolvido estudos de pós-graduação, mas tem desenvolvido diferentes cursos de atualização pedagógica, especialmente na integração das TIC (Tecnologias da Informação e da Comunicação) em aula.

O fato da professora Larissa ser uma profissional formada na educação com ampla experiência em ensino secundário e médio, contrasta com o caso da professora Agatha que tem uma formação numa área diferente da educação e com uma menor experiência no ensino. Levando em consideração que ambas professoras atuam no mesmo contexto, este contraste pode ser aproveitado para no desenvolvimento do problema de pesquisa, analisar como estas variáveis da formação e experiência profissional podem incidir nas características do PCK de cada professora e seu desenvolvimento.

### 3.2.3. *A relação do pesquisador com os sujeitos de pesquisa*

A relação entre os sujeitos de pesquisa e o pesquisador foi de grande importância nesta pesquisa; no começo do processo de pesquisa o pesquisador fazia parte do grupo de professores do Departamento de Ciências, compartilhando com eles as atividades próprias da escola como professor. Esta situação permitiu o conhecimento do contexto de pesquisa e do trabalho dos professores da instituição, e ao mesmo tempo também permitiu reconhecer a dificuldade de desenvolver processos de pesquisa, a partir da realidade do professor.

Uma das maiores dificuldades consiste nas condições de trabalho na escola, no contexto colombiano, que normalmente não oferece as condições adequadas para o professor pesquisar. Os professores se encontram saturados por uma grande quantidade de atividades além de suas aulas, o que normalmente restringe as possibilidades de desenvolver processos de pesquisa ou reflexão em coletivos docentes. Neste sentido é comum que quando se tenta desenvolver algum tipo de processo de pesquisa ou processo formativo que implica um trabalho adicional para o professor e investimento de tempo, este seja recusado pelos professores, e que seja olhado como uma carga adicional. Assim, para possibilitar o desenvolvimento da pesquisa, foi preciso solicitar a ajuda dos dirigentes da escola e a colaboração dos professores, de modo que fosse permitido utilizar parte de seu tempo de atividade e espaços da escola.

Assim, com a colaboração dos dirigentes escolares e dos professores, foi possível desenvolver a primeira parte desta pesquisa na escola, que consistiu na elaboração de entrevistas e levantamento de documentos fontes que permitiram a identificação do PCK inicial do professor. Cabe destacar que este apoio foi obtido, em grande parte, pelo fato do pesquisador fazer parte da escola e ter uma boa relação com os docentes e dirigentes, além de conhecer as particularidades da escola, permitindo adaptar o processo de pesquisa às condições e tempos disponíveis dos professores na escola.

No segundo momento desta pesquisa projetou-se a formação de um grupo colaborativo de professores e o desenvolvimento de uma série de encontros de reflexão pedagógica em torno da modelagem como estratégia geral no Ensino de Ciências e, em particular, no ensino da ligação química. Neste momento, uma novidade na organização da estrutura diretiva da instituição permitiu ao pesquisador começar a desempenhar o cargo de docente de apoio pedagógico na área de Ciências. Esta nova posição possibilitou ao pesquisador a organização de um horário especial para os professores participantes da pesquisa, onde os quatro professores passaram a ter em comum duas horas na semana

para participar dos encontros pedagógicos-reflexivos e desenvolver atividades relacionadas com a pesquisa, como, por exemplo, a construção coletiva da unidade didática que foi aplicada no final do processo. Ainda assim, as situações encontradas no funcionamento da escola fizeram com que o tempo de desenvolvimento desta pesquisa se prolongasse durante 18 meses, com um cronograma flexível que procurou adaptar-se às características da escola, sendo comum a necessidade de mudanças nas datas previstas para os encontros e as atividades programadas para serem desenvolvidas.

### **3.3. Metodologia da coleta de dados**

Na pesquisa qualitativa, e particularmente no estudo de caso, o fenômeno de interesse precisa, para sua compreensão, estar imerso no contexto no qual ocorre, do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Com este propósito, o pesquisador vai a campo, procurando captar o fenômeno em estudo, a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista, nos quais os vários tipos de dados são coletados e analisados, para entender a dinâmica do fenômeno. Assim, a coleta de dados deve incluir: entrevistas, observações, análises de documentos e, dependendo da abordagem, medidas estatísticas.

Na presente pesquisa foram desenvolvidos dois estudos de caso a partir de um processo de pesquisa-ação no contexto da escola, inicialmente com um processo de indagação sobre o conhecimento pedagógico do conteúdo do professor sobre os modelos de ligação química, seguido pelo desenvolvimento de um processo de formação em relação aos modelos e a modelagem no Ensino de Ciências, focalizado no ensino do conceito de ligação química. Este projeto de formação possibilitou a reflexão pedagógica sobre diferentes temáticas com o propósito de produzir o desenvolvimento progressivo do PCK do professor. Dentro do processo de formação, foi promovida a reflexão do professor como parte de um grupo colaborativo para finalmente elaborar uma proposta de unidade didática para o ensino do conceito de ligação química, utilizando a modelagem como estratégia geral no Ensino de Ciências.

Assim, desenvolveram-se diferentes instrumentos e técnicas de coleta de dados, com a intenção de registrar o desenvolvimento do processo. Os momentos da pesquisa e os instrumentos construídos para a coleta de dados em cada um de estes momentos, estão descritos no Quadro 4.

**Quadro 4.** Momentos da pesquisa e instrumentos de coleta de dados

<b>Momento</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Instrumento</b>
1. Apresentação da proposta e identificação do PCK inicial do professor	Identificar o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) em relação ao tema ligação química prévio ao começo do processo formativo.	Planos de aula do professor referente ao ensino da ligação química. CoRe (representação do conteúdo) para identificar o PCK sobre o ensino do modelo de ligação química. Guia didático do professor. Relatos narrativos do professor sobre suas aulas.
2. Desenvolvimento do processo de formação: Série de encontros reflexivos.	Desenvolver um processo de formação com o grupo colaborativo de professores, fundamentado na reflexão sobre os modelos e a modelagem como estratégia de ensino da ligação química.	Registro em vídeo. Material escrito produzido nos encontros reflexivos sobre as questões de análises propostas. Relatos narrativos do professor sobre suas aulas.
3. Elaboração e desenvolvimento de uma unidade didática fundamentada na modelagem como estratégia de ensino.	Promover o trabalho do grupo colaborativo de professores em torno da construção, desenvolvimento e reflexão sobre uma proposta de ensino – aprendizagem do conceito de ligação química sob a perspectiva da modelagem como estratégia geral no Ensino de Ciências.  Identificar o desenvolvimento apresentado no PCK do professor em relação com o ensino do conceito da ligação química	Entrevista tipo CoRe (representação do conteúdo) final.  Unidade didática elaborada pelo grupo colaborativo.

Fonte: Autor.

### 3.3.1. Descrição dos instrumentos de coleta de dados

#### 3.3.1.1. A Representação do Conteúdo, CoRe

A revisão de pesquisas que servem de referenciais para conhecer como se pode identificar o PCK, permitiu caracterizar um importante instrumento metodológico para coleta de dados chamado CoRe (*Content Representation*) que se traduziu em Português como “representação do conteúdo”. Este instrumento, inicialmente elaborado por

Loughran et al. (2000), é um questionário constituído de um conjunto de oito perguntas chamadas "A base para a entrevista", que permitem reconhecer seu PCK sobre um tema específico e fornecer informações sobre as decisões de tipo curricular e de ensino, feitas durante o planejamento, e desenvolvimento de suas aulas (LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004). No Anexo 1, a estrutura da CoRe utilizada nesta pesquisa é apresentada.

A CoRe é considerada tanto um instrumento de pesquisa, como uma alternativa para estimular o desenvolvimento profissional (FERNANDEZ, 2015). Por isto, a CoRe constitui um instrumento ideal na presente pesquisa para identificar o PCK do professor de Química, promover e reconhecer seu desenvolvimento. Além disso, a CoRe é um instrumento validado por vários pesquisadores (CANDELA; VIAFARA, 2014; FERNANDEZ, 2015, 2014, GARRITZ; TRINIDAD; VELASCO, 2006; LOUGHRAN et al., 2000, 2004), e seu amplo uso como instrumento permite sua confiabilidade.

A CoRe é utilizada nesta pesquisa em dois momentos diferentes, previamente ao começo do processo formativo, com a intenção de identificar o PCK inicial do professor de Química, e após o processo formativo e a elaboração e aplicação da unidade didática, com a intenção de reconhecer o desenvolvimento do PCK do professor através da interação desenvolvida em todo o processo.

### 3.3.1.2. Os Repertórios de Experiência Profissional e Pedagógica (PaP-eRs)

Acompanhando a CoRe, Loughran et al. (2000) propõem o uso do instrumento denominado PaP-eRs (Pedagogical and Professional - Experience Repertoires), traduzido para o Português como "Repertórios de Experiência Profissional e Pedagógica". Estes são relatos narrativos do PCK do professor para uma parte específica do conteúdo do currículo de Ciências, permitem identificar o conhecimento e a prática do professor durante o ensino de um tópico específico. A função da narrativa é desenvolver e introduzir-se nos elementos interativos do PCK do professor, de um modo significativo e acessível ao leitor, podendo ser útil para incentivar a reflexão sobre o PCK em consideração (RAVIOLO; GARRITZ, 2005).

Os PaP-eRs são elaborados pelo pesquisador, a partir de diferentes fontes de dados, que podem ser registros de aulas sobre o ensino do conteúdo, as ideias manifestadas pelo professor em discussões e interações durante a prática de ensino, as reflexões do professor, entrevistas, entre outras (FERNANDEZ, 2015; LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004, RAVIOLO; GARRITZ, 2005).

Um aspecto importante é a articulação entre a representação do conteúdo (CoRe) e os Repertórios de Experiências Pedagógicas e Profissionais (PaP-eRs). Assim, a interação bidirecional entre estes dois elementos descreve e interpreta a prática presente nas aulas de Ciências. Em outras palavras, os PaP-eRs estão relacionadas com a CoRe, com a intenção de auxiliar na conexão entre as ações do professor durante a aula e o seu conhecimento do conteúdo envolvido revelando o PCK em ação (LOUGHRAN et al., 2000).

Na presente pesquisa foi elaborado um PaP-eR em relação com cada uma das temáticas propostas por o professor na CoRe levantada inicialmente. Para elaborar cada PaP-eR observou-se as aulas do professor, elaborando registro das ações desenvolvidas pelo professor e os alunos em sua interação em sala de aula. Após, realizou-se um encontro com o professor no qual ele elaborou a narrativa de suas aulas em relação com cada temática, neste processo o professor fazia uso recorrente de seu plano de aula, de seus registros e anotações. A partir de estas fontes o pesquisador construiu uma narrativa das aulas do professor em relação com a temática específica abordada na voz do pesquisador ainda que em alguns momentos se cite a voz do professor. O relato é finalmente socializado ao professor e corrigido atendendo suas observações.

#### 3.3.1.3. Análises de material documental:

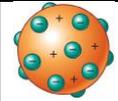
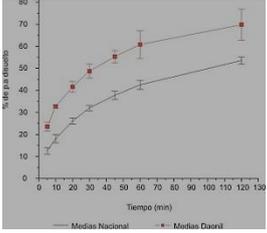
Constituído pela produção escrita, elaborada pelos sujeitos da pesquisa, principalmente os planos de aula construídos para o desenvolvimento das aulas, foram úteis para revelar o conhecimento pedagógico do conteúdo do professor, antecedendo o processo formativo. Posteriormente, no desenvolvimento do processo de formação, foram considerados os materiais produzidos em cada uma das sessões, assim como a produção intelectual do professor, representada pela elaboração de uma unidade didática após do processo formativo, a qual permite reconhecer a evolução do conhecimento pedagógico do conteúdo inicial.

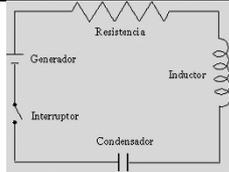
#### 3.3.1.4. Questionário diagnóstico:

Visando identificar o conhecimento inicial dos professores sobre os modelos e a modelagem em Ensino de Ciências, elaborou-se um questionário com oito perguntas abertas, com a intenção de considerar as diferentes formas do professor compreender os aspectos relacionados com os modelos e seu processo de ensino. O questionário no formato

que foi apresentado aos professores pode ser visto no apêndice 1. No quadro 5, se apresentam as questões propostas e seus objetivos.

**Quadro 5.** Questões do questionário diagnóstico e seus objetivos

QUESTÃO	OBJETIVO
<p>1. Na vida cotidiana usamos a palavra modelo para diferentes coisas, exemplo, uma espécie de objeto (um carro), um padrão a seguir ou uma pessoa que expõe seu corpo, roupas ou acessórios. No entanto, no contexto científico o termo modelo tem outros usos. Q: Dentro do contexto científico que é para você um modelo?</p>	<p>Reconhecer o que o professor entende por modelo</p>
<p>2. Qual das seguintes entidades você considera modelos e quais não? Justificar a sua escolha.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;"></div> <div style="margin-bottom: 10px;"><math display="block">d = \frac{m}{V}</math></div> <div style="margin-bottom: 10px;"></div> <div></div> </div>	<p>Identificar entre diferentes tipos de modelos, quais o professor consegue reconhecer, além de apresentar seu posicionamento sobre o assunto</p>

		
<p>3. Em seu trabalho como professor de Ciências você ensina a seus alunos, o significado de um modelo e sua importância no conhecimento científico? Por quê?</p>	<p>Identificar se o professor ensina o significado de um modelo e seu papel na Ciência aos estudantes.</p>	
<p>4. Pense em alguns dos modelos que você ensina em sua aula de Ciências. O que você considera são os principais aspectos que caracterizam esses modelos?</p>	<p>Reconhecer quais são as características que o professor atribui aos modelos que ele ensina.</p>	
<p>5. Um fenômeno pode ser explicado de forma válida a partir de diferentes modelos, um exemplo deles é a luz, que pode ser explicado a partir de um modelo de onda, ou a partir de um modelo de partículas, cada um destes modelos atende características diferentes do fenômeno. Você reconhece isso nos modelos por você ensinados nas aulas de Ciências? Dê um exemplo</p>	<p>Indagar de maneira específica se o professor reconhece o caráter limitado e subjetivo dos modelos na interpretação de um fenômeno.</p>	
<p>6. Mudam os modelos científicos? Quais são as razões para que aconteça esta mudança? É o conhecimento sobre como mudaram os modelos científicos na história útil para o ensino? Por quê?</p>	<p>Indagar se o professor reconhece o caráter provisório e transitório dos modelos, em particular se indaga sobre o valor que o professor outorga ao conhecimento histórico no conhecimento sobre os modelos e as mudanças que eles apresentam.</p>	
<p>7. O que você entende por modelos mentais? Qual é a relação entre modelos mentais, modelos científicos, e os modelos ensinados nas aulas de Ciências?</p>	<p>Conhecer que relação encontra o professor entre os modelos conceituais da Ciência e os modelos mentais dos alunos.</p>	
<p>8. Você desenvolve atividades de construção de modelos com seus alunos? Que tipo de atividades você faz?</p>	<p>Indaga se o professor desenvolve atividades de elaboração de modelos com seus estudantes, focalizando na modelagem como estratégia de ensino dos modelos científicos.</p>	

Fonte: Autor

### 3.3.1.5. Filmagens em vídeo

Todo o processo realizado foi filmado com a intenção de realizar uma análise posterior baseada no foco da pesquisa. Em particular, realizou-se filmagem dos encontros reflexivos dos professores que permitiram a discussão de temas relacionados com o ensino do modelo de ligação química.

### **3.4. Desenvolvimento da pesquisa.**

#### *3.4.1. Primeiro momento. Apresentação do projeto e identificação do PCK inicial do professor*

Como foi mencionado no Quadro 4, o trabalho de campo desta pesquisa foi desenvolvido em três momentos. Num primeiro momento, no qual se pretendeu identificar o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) do professor em relação ao tema ligação química, antecedendo o início do processo formativo, recorreu-se à informação subministrada pela CoRe como principal instrumento de pesquisa. Esta foi complementada com documentos como os planos de aula do professor e material didático utilizado para o desenvolvimento da temática. Idealmente estas duas fontes deveriam ser complementadas com os PaP-eRs, os quais seriam construídos principalmente com os relatos narrativos realizados pelos professores sobre suas aulas no desenvolvimento do conceito de ligação química. Contudo, para coletar estes relatos foi necessário aguardar até o momento do ano escolar para o qual o ensino da ligação química estaria programado, a fim de respeitar as dinâmicas próprias da escola e do professor, além da organização das temáticas do currículo. Este foi o motivo pelo qual se iniciou o segundo momento de pesquisa prévio ao levantamento dos relatos narrativos do professor sobre as aulas e construção dos PaP-eRs, aguardando o momento em que se abordaria o tema ligação química em aula para o levantamento das narrativas do professor.

O cronograma dos encontros desenvolvidos neste primeiro momento de pesquisa pode ser observado no Apêndice 2, e uma descrição de cada encontro se apresenta a seguir:

##### **3.4.1.1. Primeiro Encontro**

###### **Propósito**

Apresentar o projeto ao grupo de professores de Ciências da escola, convidando-os a participar do processo formativo.

Aplicar um instrumento tipo questionário, visando levantar o conhecimento inicial dos professores sobre os modelos e a modelagem em Ensino de Ciências.

###### **Descrição do encontro**

O grupo de professores do Departamento de Ciências da escola foi reunido e iniciou-se o encontro apresentando os propósitos do mesmo. Explicou-se aos professores

a necessidade de aplicar um questionário inicial, visando identificar seu conhecimento das temáticas relacionadas com o processo formativo. O questionário, composto de oito perguntas abertas, é apresentado no Apêndice 1. Assim, aplicou-se o instrumento ao total de professores do Departamento de Ciências (14, no total).

Uma vez terminada a aplicação do instrumento este foi coletado e realizou-se, em seguida, uma breve discussão com o grupo de professores sobre as perguntas do questionário. Desenvolveu-se uma apresentação em slides onde foi apresentada a proposta do projeto de pesquisa, explicando-se o interesse de pesquisar as características do conhecimento pedagógico do conteúdo dos professores de Química em relação ao conceito de ligação química e seu desenvolvimento. Como parte do processo de pesquisa, apresentou-se a proposta do processo de formação sobre modelos e a modelagem no Ensino de Ciências e todos os professores foram convidados a participarem do processo formativo, ainda que sua área de formação não fosse a Química. Os professores foram informados que do grupo de participantes seriam selecionados alguns professores como sujeitos de pesquisa.

Num primeiro momento, a maioria dos professores pareceu interessada na proposta de pesquisa e no processo formativo, embora alguns professores tenham recusado a ideia: três das professoras argumentaram que, por faltar pouco tempo para elas se aposentarem, não teriam tempo hábil para terminar o projeto; outros dois professores manifestaram que, por ser sua área de formação e interesse a Biologia e não a Química, o processo não seria tão útil para eles. Duas das professoras com maior experiência na área de Química manifestaram não ter tempo disponível, pelo que não se comprometeram a participar.

No final do encontro, constatou-se que quatro professores estavam realmente interessados na proposta e dispostos a participar, identificando-se a dificuldade de que um deles atuava no horário da tarde e os outros três no horário da manhã, o que dificultaria encontrar um horário comum para os encontros.

Estes quatro professores foram abordados posteriormente, de forma individual, para assinar o documento de termo de consentimento e informação, sendo o documento entregue em forma impressa. Após a leitura do conteúdo, os professores o assinaram, tendo sido entregue cópia do mesmo para cada um deles. A cópia deste documento encontra-se no Apêndice 3.

### 3.4.1.2. Segundo Encontro

#### **Propósito**

Apresentar o instrumento denominado CoRe, visando determinar o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) do professor sobre a temática ligação química

#### **Descrição do encontro**

Pretendia-se desenvolver este encontro com os quatro professores interessados no projeto de pesquisa, contudo um deles não conseguiu comparecer, pelo que se desenvolveu o encontro com três professores. Com o professor que não compareceu (Professor João), programou-se um encontro individual.

No encontro, explicou-se de forma geral, no que consistia o conhecimento pedagógico do conteúdo como referencial teórico para indagar sobre o conhecimento do professor e promover seu desenvolvimento. Em seguida, apresentou-se o questionário CoRe (Anexo 1).

Explicou-se qual era o propósito de cada uma das questões, utilizando um exemplo de uma CoRe realizada na temática da descontinuidade da matéria, numa pesquisa desenvolvida por Candela (2012). Explicou-se, também, que, como estratégia no desenvolvimento da CoRe, seria enviada uma cópia do exemplo estudado e se entregaria também o questionário em branco com as questões da CoRe para que eles as respondessem de acordo com sua disponibilidade de tempo. Enfatizou-se, também, que seria muito importante para as respostas que elas fossem baseadas nas anotações que eles dispusessem sobre aulas já ministradas e planejamentos feitos para o ensino da ligação química.

O questionário foi entregue na forma impressa a todos os presentes e enviado também por e-mail a cada participante do projeto. Informou-se que o pesquisador estaria disponível para esclarecer dúvidas sobre o preenchimento do questionário nos tempos disponíveis de cada participante, assim como os que precisassem de orientação para o desenvolvimento das questões propostas. No decorrer de duas semanas, dois dos professores sujeitos de pesquisa (a professora Agatha e Larissa) responderam de forma autônoma a CoRe. Foi necessário apenas um encontro individualizado adicional com cada uma delas para revisar e esclarecer algumas questões. Com os outros dois professores, foi preciso desenvolver entre dois e três encontros individualizados para esclarecer as questões da CoRe e acompanhar em seu desenvolvimento; estes professores

manifestaram dificuldade em relação à disponibilidade de tempo para desenvolver esta atividade.

Uma característica importante na elaboração da CoRe inicial foi o fato que o professor deveria utilizar como referência os seus planos de aula e sua experiência prévia no ensino da ligação química, já que no momento de desenvolver a CoRe os professores participantes do processo dispunham apenas de um planejamento didático comum elaborado por um grupo de professores, ao qual tinha sido atribuída esta responsabilidade dentro do grupo de professores de Ciências da escola. Assim, ao contrastar o plano de aula com sua experiência na elaboração da CoRe, seriam evidenciadas as características individuais de cada professor na elaboração de sua proposta de ensino.

O material de pesquisa coletado neste encontro e os encontros individuais complementares foram as gravações dos encontros e a CoRe desenvolvida por cada professor.

#### *3.4.2. Segundo momento. A proposta de formação continuada*

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, realizou-se uma proposta de formação continuada com um grupo de professores de Química em exercício, com objetivo de promover a reflexão pedagógica sobre diferentes tópicos associados ao ensino da ligação química, a partir da perspectiva da modelagem em sala de aula. Assim, agregase ao processo formativo a reflexão; e ao processo de pesquisa, uma oportunidade de registro e análise deste processo.

Na perspectiva de Valcarcel e Sanchez (2000), que argumentam sobre o que é preciso considerar no desenvolvimento de um programa de formação continuada de professores, consideram-se pelo menos três níveis: um primeiro nível, relacionado à iniciação para mudança; um segundo nível, relacionado à fase de desenvolvimento da mudança; e um terceiro nível, que se situa no desenvolvimento da mudança propriamente dita, mas diferencia-se da anterior nos problemas que se abordam, nas estratégias utilizadas com os professores e no grau de autonomia dos professores.

No primeiro nível, o objetivo principal é a mobilização do professor para a mudança através do ato de questionar seu pensamento e sua prática em sala de aula, da informação sobre novas propostas e do contraste com práticas inovadoras próximas à sua atividade docente. Neste nível, considera-se que existe uma maior dependência do orientador ou coordenador do processo de formação. Nesta etapa os estudos de caso com professores considerados excelentes são um valioso recurso para discutir e refletir sobre as estratégias

didáticas utilizadas pelos professores experientes em contraste com a prática habitual do professor em formação (VALCARCEL; SANCHEZ, 2000).

O segundo nível tem como objetivo envolver o docente no desenvolvimento curricular e incorporá-lo em processos de investigação para a mudança de suas concepções e práticas, e na renovação fundamentada de suas práticas. Neste ponto as atividades devem estar dirigidas à explicitação dos problemas existentes nas concepções e práticas dos participantes, à dinamização e modificação das ideias, ao projeto e experimentação de propostas, sua análise, abordagem e reconstrução do conhecimento profissional. Este nível necessita da constituição de grupos de trabalho com professores da mesma disciplina para a colaboração e discussão, e da elaboração de novas propostas, com posterior análise de resultados e dificuldades. Entre as diversas atividades possíveis, a utilização de informes de caso pelos professores implicados no processo de formação, a gravação de suas aulas, de seus diários de classe e registros onde descrevem o que fazem, os problemas que encontram e as soluções que adotam, tem se evidenciado como ferramentas eficazes para a reflexão conjunta, para ajudar na adoção de propostas inovadoras e para desenvolver um maior conhecimento sobre inovações (VALCARCEL; SANCHEZ, 2000).

No terceiro nível, propõe-se como objetivo avançar no desenvolvimento individual e social do professor. Este objetivo fundamenta-se na capacidade que os professores têm de elaborar conhecimento a partir do contraste, experimentação e reflexão sobre sua prática. As atividades devem estar relacionadas ao desenvolvimento de projetos de pesquisa por parte dos professores, em grupos disciplinares e interdisciplinares, necessitando de uma grande preparação e compromisso do professor, e de sua incorporação a uma comunidade de pesquisadores. A implantação deste nível nas escolas, leva ao desenvolvimento de uma nova cultura profissional, necessária para alcançar uma real mudança educativa. Quando este nível se consolida e se torna uma realidade respaldada por uma administração adequada, acompanhada de políticas educativas comprometidas com a melhora da escola e o desenvolvimento profissional, o desenvolvimento e atuação dos professores são possibilitados (VALCARCEL; SANCHEZ, 2000).

Levando em consideração estes três níveis, a proposta desenvolvida nesta pesquisa constituiu-se de um processo de formação cujos objetivos situam-se nos dois primeiros níveis. O terceiro nível ainda não foi considerado nesta pesquisa, pois necessita de uma abordagem mais prolongada para um desenvolvimento dos grupos de professores como

parte de grupos de pesquisa, associado a um trabalho relacionado a outros aspectos, que extrapolam os propósitos desta pesquisa.

Neste sentido, pretendeu-se no primeiro nível, identificar e reconhecer o PCK do professor sobre os modelos e a modelagem, em particular os relacionados ao conceito de ligação química e, posteriormente, desenvolver um processo de reflexão sobre este conhecimento a partir de uma série de encontros. Nestes encontros os conhecimentos e práticas dos professores foram confrontados com novos conhecimentos. Em relação ao segundo nível, o grupo de professores foi constituído como um grupo colaborativo com o objetivo de construir, desenvolver e refletir pedagogicamente sobre uma proposta de ensino e aprendizagem utilizando a modelagem no ensino do conceito de ligação química. O desenvolvimento desta proposta permite analisar o desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo do professor em relação ao que foi identificado inicialmente.

### 3.4.3. Descrição dos encontros reflexivos

Foram propostos uma série de encontros reflexivos sobre diferentes temáticas, encaminhados a mobilizar cada uma das categorias do PCK do professor com base na proposta de Magnusson et al., (1999). O núcleo integrador das temáticas propostas eram os modelos e a modelagem no Ensino de Ciências, os quais se consolidariam na elaboração e desenvolvimento de uma proposta de ensino da ligação química, a partir da modelagem como estratégia didática, como se descreve no Quadro 6.

**Quadro 6.** Relação entre as categorias do PCK e as temáticas de reflexão

<b>Componente do PCK</b>	<b>Descrição do componente</b>	<b>Temática de reflexão proposta</b>	<b>Atividade integradora Terceiro momento da pesquisa.</b>
1. Orientações para o ensino de Ciência.	Conhecimento e crenças acerca dos propósitos e metas do ensino das Ciências em um grau, nível particular ou temática em particular.	Qual são as diferentes visões do professor sobre a Ciência e a atividade científica. Qual é o valor dos modelos e a modelagem na Ciência e o Ensino de Ciências.	
2. Conhecimentos sobre o currículo de Ciências	Conhecimento do professor sobre as metas e objetivos dos tópicos ensinados aos estudantes, assim como	Quais são os modelos que historicamente têm-se construído para	

	estes se articulam coerentemente para ser ensinados.	explicar a ligação química.	Como elaborar e desenvolver uma proposta no ensino da ligação química e seus modelos, a partir da modelagem como estratégia de ensino?
3. Conhecimento sobre a compressão dos estudantes sobre as Ciências.	Conhecimento dos requisitos para a aprendizagem dos conceitos específicos da Ciência Conhecimento das dificuldades na aprendizagem dos conceitos e tópicos específicos das Ciências.	Quais são as principais concepções e dificuldades dos estudantes sobre a ligação química	
4. Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.	Conhecimento das dimensões da aprendizagem da Ciência que são importantes de avaliar Conhecimento dos métodos pelos quais a aprendizagem pode ser avaliada.	Como desenvolver estratégias de modelagem no ensino-aprendizagem e avaliação da ligação química na sala de aula?	
5. Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências.	Conhecimento das estratégias gerais para o Ensino de Ciências Conhecimento de estratégias específicas para o ensino sobre um tópico das Ciências.	Como desenvolver estratégias de modelagem no ensino-aprendizagem e avaliação da ligação química na sala de aula?	

Fonte: Autor.

Assim as temáticas propostas para reflexão ao coletivo de professores foram:

1. Visões do professor sobre a Ciência e a atividade científica.
2. A modelagem como proposta didática na sala de aula.
3. O valor dos modelos e a modelagem na Ciência e no Ensino de Ciências.
4. Pré-requisitos conceituais e dificuldades na aprendizagem da ligação química.
5. História do conceito de ligação química e sua importância no ensino.

No desenvolvimento dos encontros reflexivos procurou-se adaptar às características do contexto e do professor. Os encontros foram realizados no local de trabalho, nas horas que os professores participam de atividades relacionadas com seu trabalho (preparar aula, corrigir provas, atender pais ou responsáveis, participar de projetos entre outras múltiplas funções), fora de seu horário de atuação em sala de aula. Neste sentido, organizou-se um horário especial para os professores participantes da pesquisa onde os quatro professores

que formavam o grupo colaborativo tinham em comum duas horas na semana para participar dos encontros pedagógicos-reflexivos.

Assim foram organizados os encontros reflexivos, com um cronograma flexível que procurou adaptar-se às características da escola. O cronograma final do desenvolvimento dos encontros pode-se observar no Apêndice 4.

Com no mínimo duas semanas de antecedência a cada encontro, o material de referência era enviado. A metodologia desenvolvida para a maior parte dos encontros pode ser descrita da seguinte forma:

1. Apresentação dos objetivos do encontro.
2. Aplicação das questões iniciais.
3. Leitura e exposição do material bibliográfico.
4. Discussão das questões iniciais relacionadas com a temática abordada.
5. Questões de reflexão final.

As questões iniciais sempre estavam relacionadas com o tema de discussão, procurando investigar o conhecimento inicial do professor. Posteriormente, através de uma exposição, propunha-se a temática do encontro, utilizando como base o material de leitura, relacionado com a pesquisa em Ensino de Ciências. Após a exposição, retomava-se a discussão sobre as questões iniciais. Finalmente eram desenvolvidas algumas reflexões sobre o processo.

Embora em alguns dos encontros tenham ocorrido variações, esta era a metodologia geral adotada em cada encontro. Além disso as interações orais entre o grupo colaborativo e o pesquisador tenham sido gravadas em vídeo e nelas podem se reconhecer diversas narrativas que dão conta do PCK do professor e foi utilizado em cada sessão um documento de registro, no qual o professor escreveu as respostas às questões iniciais e às questões de reflexão final. A seguir, cada um dos encontros reflexivos e sua relação com os tópicos desenvolvidos, referenciais utilizados e o material de pesquisa utilizado são descritos.

#### 3.4.3.1. Primeiro encontro

**Temática de reflexão:** Visões do professor sobre a Ciência e a atividade científica.

**Nº de sessões:** 1

**Propósito**

- Refletir a respeito das diferentes visões da Ciência que os professores possuem e transmitem no processo de ensino.
- Refletir a respeito dos propósitos do Ensino de Ciências.

#### **Material de referencia utilizado:**

FERNÁNDEZ, I.; PÉREZ, D. G.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? In: PÉREZ, D. G. et al. (Ed). **¿Cómo Promover El Interés Por La Cultura Científica?** Santiago: Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 2005. Cap. 2, p. 29-62

#### **Descrição do encontro**

Este encontro foi realizado com três dos professores do grupo colaborativo, tendo o outro integrante do grupo apresentado problemas para participar do encontro devido a conflito com a jornada escolar. Iniciou-se o encontro pela apresentação do objetivo da sessão, ou seja, conhecer e refletir sobre aquelas visões da Ciência que os professores possuem e transmitem através de suas práticas em sala de aula.

Foi apresentado um material escrito e propostas algumas perguntas de reflexão apresentadas no Apêndice 5. As perguntas propostas focalizaram no objetivo de que o professor exponha sua visão sobre a Ciência e como esta visão se reflete em suas aulas, e também o leve a indagar e refletir sobre qual é, para ele, o propósito principal do Ensino de Ciências.

Após os professores responderem as questões por escrito, foi realizada a exposição com slides das ideias centrais do documento de referência proposto para este encontro, apresentando cada uma das visões da Ciência identificadas no documento, permitindo a interação discursiva dos professores na exposição.

Ao final da exposição solicitou-se ao grupo de professores que escrevessem suas reflexões sobre o tema, a partir das questões abaixo apresentadas, que ajudaram a orientar suas reflexões e relacioná-las com o tema de estudo:

Em quais das visões apresentadas enquadramos nossa prática educativa e como as podemos superar?

Que características pode ter uma visão atual da Ciência e a atividade científica?

Que propósito tem o ensino da Ciência, a partir desta visão?

O material de pesquisa coletado neste encontro, compreende as gravações em vídeo das interações discursivas do grupo de professores, o material escrito sobre as questões iniciais e a reflexão final solicitada em função das questões propostas, no Apêndice 5.

### 3.4.3.2. Segundo Encontro

**Temática de reflexão:** A modelagem como proposta didática na sala de aula. Referenciais gerais e atividade de modelagem.

**Nº de sessões:** 2

#### **Propósito**

Refletir sobre o papel dos modelos e a modelagem na Ciência e no Ensino de Ciências a partir da exposição de alguns referenciais conceituais e a elaboração de uma atividade prática.

#### **Material de referência utilizado:**

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las ciencias**, n. 24, v. 2, p. 173-184. 2006.

#### **Descrição do encontro**

Este encontro coincidiu com uma das três semanas do ano programadas pela escola para a realização de oficinas de capacitação de todos os seus professores. Por este motivo, a Direção da escola solicitou que todos os 15 de professores do Departamento de Ciências participassem do encontro, dentre os quais se encontravam os quatro professores pertencentes ao grupo colaborativo. Assim, o encontro foi organizado como uma atividade formativa para todo o Departamento de Ciências, sendo desenvolvido em duas sessões, de quatro e três horas respectivamente.

#### **Sessão 1:**

No início desta sessão contextualizou-se a temática que se pretendia desenvolver no projeto para o grupo de professores, apresentando-se os propósitos de pesquisa como um todo. Em seguida, apresentou-se a proposta que se pretendia desenvolver nestas duas sessões, ou seja transmitir alguns fundamentos teóricos sobre a modelagem como proposta didática no Ensino de Ciências e desenvolver de uma atividade de modelagem a ser utilizada em sala de aula.

Após a contextualização, uma exposição dos fundamentos teóricos da modelagem foi realizada, focalizando-se três aspectos:

1. O conceito do modelo mental.
2. A visão da Ciência como modelos.
3. A modelagem como estratégia didática

O conceito de modelo mental foi abordado segundo a visão de Borges (1999), Johnson Laird (1983), Moreira (1996) entre outros, na qual se sustenta a ideia de modelo mental como um tipo de representação mental, ou análogo estrutural, que construímos em nossa interação com o mundo e que nos permite interpretar a realidade, interagir com ela e elaborar conclusões sobre as coisas.

Em relação à visão da Ciência como modelos, transmitiu-se a ideia da Ciência como uma atividade cognitiva, o que significa que se ocupa de explicar a geração de conhecimento (GIERE, 1988). Sob esta perspectiva, o processo pelo qual o conhecimento científico é construído não é radicalmente diferente de outras elaborações humanas (IZQUIERDO, 2000). Estas concepções levam a definir a Ciência como um processo de construção de modelos com diferentes capacidades de previsão (JUSTI, 2006).

Em seguida, foi apresentada a ideia da modelagem, segundo a perspectiva de Justi (2006), na qual concebe-se a modelagem como um processo que ocorre quando os alunos aprendem a dar sentido aos fatos que observam, construindo relações e explicações cada vez mais complexas, ou seja, quando se elabora uma construção e um desenvolvimento progressivo dos modelos mentais em aproximação ao modelo científico compartilhado (CAAMAÑO, 2011).

Em correspondência a esta conceptualização se apresentou o modelo de Justi (2006) para a construção de modelos em sala de aula e se propôs a realização de uma atividade de modelagem seguindo este modelo com o grupo de professores.

A atividade de modelagem desenvolvida tomou como “origem do modelo” o fenômeno da mistura de água e álcool, no qual se observa que o volume medido da mistura não é igual à soma dos volumes dos líquidos medidos isoladamente. A atividade foi realizada seguindo um guia, no qual é desenvolvido um roteiro de acordo com o modelo Justi (2006), que conduz à elaboração e representação de um modelo mental sobre o fenômeno. Segundo o modelo proposto, os professores analisaram e discutiram em grupo os modelos mentais explicativos sobre o fenômeno, representaram-no e propuseram experimentos que a fim de permitir colocar à prova os modelos construídos. O guia empregado é apresentado no Apêndice 6.

**Sessão 2:**

Este encontro foi realizado em continuação ao anterior, com o total de 15 professores do Departamento de Ciências da escola, entre os quais se encontravam os professores participantes da pesquisa, com uma duração de três horas.

Neste encontro, usou-se os insumos coletados na sessão anterior, na qual os professores desenvolveram a atividade de modelagem seguindo o guia apresentado no Apêndice 6. Os professores fizeram exposição de seus modelos, argumentando e debatendo sobre as características dos modelos apresentados na explicação do fenômeno. Terminada a socialização, observou-se os diferentes modelos elaborados e refletiu-se sobre a modelagem como estratégia para identificação dos modelos mentais, questionou-se sobre como se podem desenvolver processos de modelagem em sala de aula e que dificuldades podem ser encontradas na elaboração deste processo.

O material de pesquisa coletado neste encontro, compreende as filmagens das sessões do encontro formativo e o desenvolvimento do guia de atividade.

## 3.4.3.3. Terceiro Encontro

**Temática de reflexão:** O valor dos modelos e a modelagem na Ciência e no Ensino de Ciências

**Nº de sessões:** 2

**Propósito**

- Identificar o conhecimento dos professores sobre os modelos e a modelagem em sala de aula.
- Apresentar as duas principais propostas de modelagem em sala de aula, sobre as quais se pretende refletir durante o processo formativo para a construção das propostas de modelagem pelo professor.

**Sessão 1:****Material de referência utilizado:**

CHAMIZO J.A. Los modelos en la Química. **Educación Química**, n. 17, v. 4, p. 476-482, 2006.

CAAMAÑO, A. Enseñar Química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**. v. 69, p. 21-34. 2011.

**Descrição**

Esta sessão foi desenvolvida com apenas dois dos professores do grupo colaborativo, devido a conflitos com a programação escolar de dois participantes. A sessão teve a duração de 90 minutos.

Este encontro teve uma estrutura mais próxima a de uma oficina, onde foram colocadas algumas questões de interesse, sendo a discussão iniciada pela introdução de alguns pontos retirados da literatura. A reunião foi iniciada pela abordagem sucinta de qual seria o objetivo da reunião, iniciando-se a partir de uma questão inicial:

- O que é para você um modelo na Ciência e no Ensino de Ciências?

Sobre esta questão os professores expressaram e explicaram suas concepções com exemplos de sua prática. Após isto, o pesquisador tentou consolidar a ideia do professor com novas perguntas e elaborando alguns aportes derivados da leitura.

A questão seguinte proposta foi:

- Que modelos vocês ensinam em Química?

Com esta questão pretendia-se interrogar o professor sobre como ele elabora atividades de modelagem com os estudantes, complementada por outras questões como:

- Qual é sua percepção sobre as atividades de modelagem na aprendizagem dos estudantes?
- Como você relaciona o modelo com a teoria?
- Você ensina a modelar?
- Como utiliza os modelos em suas aulas?

Os professores expuseram elementos de sua prática cotidiana em sala de aula e o pesquisador entrevistou com algumas contribuições da literatura na área de Ensino de Ciências. Finalmente, o pesquisador elaborou uma síntese das ideias principais apresentadas no encontro.

O material de pesquisa coletado neste encontro corresponde às filmagens das sessões do encontro formativo, nas quais se reconhecem as interações discursivas dos professores.

## Sessão 2:

### Material de referência utilizado:

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las ciencias**, n. 24, v. 2, p. 173-184. 2006.

IZQUIERDO, M.; SANMARTI, N.; ESPINET, M. Actividad Química escolar: modelización meta cognitiva del cambio químico. **Investigar en la enseñanza de la Química. Nuevos horizontes: Contextualizar Y Modelizar**, Universidad Autónoma de Barcelona, p. 141-163. 2007.

### Descrição

Esta sessão se desenvolveu com três dos professores do grupo colaborativo, e teve uma duração de 90 minutos. Ela foi iniciada pela contextualização do objetivo da sessão: conhecer melhor as propostas de modelagem em aulas de Ciências. Para fazer isso, relembrou-se as sessões nas quais foram desenvolvidas as atividades de modelagem com todo o grupo de professores do Departamento de Ciências. Nessa reunião, o interesse foi o de apresentar o quadro geral da modelagem em sala de aula, esclarecer termos como modelo, modelo mental e modelagem e realizar uma atividade prática, onde esses elementos são reconhecidos.

Nesta nova sessão foram apresentadas duas propostas de modelagem em sala de aula, que são muito relevantes na área de Ensino de Ciências, e com base nelas se pretendeu construir uma atividade de modelagem para o ensino da ligação química. Assim, algumas perguntas foram trazidas para os professores, com o objetivo de estimular a reflexão. A pergunta inicial é:

- Quando você ensina a ligação química, elabora atividades de modelagem?

Os professores interagiram expondo elementos de sua prática cotidiana em sala de aula, e o pesquisador entrevistou apresentando contribuições trazidas da leitura proposta para este encontro sobre os diferentes significados da modelagem em Ciência

Depois disto o pesquisador introduziu e expôs as propostas de modelagem em Ensino de Ciências, de duas autoras: Justi (2006) e Izquierdo (2004). As duas propostas foram apresentadas, identificando-se seus pontos em comum. Os professores discutiram e refletiram sobre ambas as propostas e sua aplicabilidade no contexto de suas aulas de Ciências. Para finalizar, foram sintetizadas algumas conclusões sobre as propostas de modelagem.

Terminada esta sessão, ficou o compromisso dos professores em desenvolverem uma proposta de atividade de modelagem para o ensino da ligação química, utilizando

um dos modelos propostos nesta sessão. Além disso, foi proposto que esta atividade fosse aplicada nas aulas de Química, nas quais, nesse momento, abordavam-se exatamente o tema ligação química.

A professora Agatha, uma das professoras do grupo colaborativo, trouxe uma proposta ao pesquisador, que foi apresentada aos outros professores integrantes do grupo colaborativo, e por estes aprovada, ficando os professores com o compromisso de adaptar suas aulas e aplicá-las aos estudantes de uma das classes em que eram responsáveis pela disciplina Química nesse momento.

A atividade proposta pela professora Agatha representou a atividade 6 da unidade didática elaborada pelo coletivo de professores, podendo ser consultada no Anexo 2.

O material de pesquisa coletado neste encontro correspondeu às filmagens das sessões do encontro formativo, nas quais podem ser registradas as interações discursivas dos professores, e a atividade elaborada pela professora Agatha.

#### 3.4.3.4. Quarto encontro

**Temática de reflexão:** Concepções dos estudantes sobre a ligação química.

**Nº de sessões:** 2

#### **Propósito**

Identificar quais são as principais dificuldades encontradas na aprendizagem de ligação química, e refletir sobre a importância de seu conhecimento para o professor, no processo de ensino e aprendizagem.

#### **Referencial utilizado**

FERNANDEZ, C; MARCONDES, M. E; Concepções dos estudantes sobre a ligação química. **Química Nova na Escola**, v. 24, p. 20-24, 2006.

#### **Descrição do encontro**

Este encontro foi desenvolvido com os quatro professores do grupo colaborativo em duas sessões, com uma duração de 90 minutos cada uma delas.

#### **Sessão 1:**

Começou-se a sessão apresentado o objetivo do encontro. Em seguida foi entregue a cada participante uma folha com algumas questões iniciais,

- Por que é importante a aprendizagem da ligação química?

- Quais dificuldades os alunos apresentam na compreensão da ligação química?
- Quais conhecimentos, habilidades e atitudes são necessárias para a aprendizagem da ligação química?

Quando os professores terminaram de escrever suas respostas, foi realizada a discussão sobre a primeira questão pelo grupo de professores, em forma oral. Os professores participaram através da apresentação da resposta de cada um deles à questão formulada. Após cada professor ter apresentado sua resposta à questão, o pesquisador apresentou uma exposição da temática de interesse, ressaltando as dificuldades que os professores encontram na aprendizagem dos alunos, sobre o conceito de ligação química.

Apresentou-se de forma geral, utilizando slides, seis tipos de dificuldades encontradas, tomando como referencial o documento dos autores Fernandez e Marcondes (2006). A seguir, realizou-se por parte do pesquisador uma síntese de cada dificuldade e abriu-se espaço para a manifestação dos professores sobre a presença destas dificuldades em suas aulas; alguns deles narraram suas experiências e refletiram sobre elas.

## **Sessão 2:**

Neste encontro contou-se com a participação de todo o grupo colaborativo, quatro professores. Deu-se continuidade, com a exposição das dificuldades de aprendizagem da ligação química, seguido da interação com os professores, que expressaram suas opiniões sobre cada dificuldade. Finalmente propôs-se a questão final de reflexão:

Que utilidade tem o conhecimento sobre as concepções dos estudantes sobre a ligação química no ensino e aprendizagem desta temática?

A reflexão sobre esta questão foi registrada por escrito pelos professores numa folha, entregue antes do final da sessão.

O material de pesquisa coletado nestas duas sessões foi o material escrito produto das questões para reflexão, apresentado no Apêndice 7, e as filmagens das interações discursivas do grupo de professores.

### 3.4.3.5. Quinto encontro

**Temática de reflexão:** História do conceito de ligação química e sua importância no ensino.

#### **Propósitos**

- Reconhecer a importância da história da Ciência no ensino de Química.

- Apresentar os diferentes modelos de ligação química conhecidos no desenvolvimento histórico do conceito e refletir sobre sua importância no ensino.

**Nº de sessões:** três

### **Referenciais utilizados**

CRUZ, D.; CHAMIZO, J.A.; GARRITZ, A. **Estrutura Atômica Um Enfoque Químico**. Fondo Educativo Interamericano. México. 1986.

### **Descrição do encontro**

Este encontro foi desenvolvido com os quatro professores do grupo colaborativo, em três sessões, com duração de 60 minutos.

#### **Sessão 1:**

O encontro começou pela apresentação de algumas perguntas aos professores sobre a importância da história da Ciência no ensino. Estas perguntas estão descritas no Apêndice 8.

O pesquisador realizou uma exposição, na qual foram desenvolvidos alguns argumentos ressaltando o valor do conhecimento histórico no ensino. Posteriormente, foram abordados os primeiros modelos históricos de átomo, além dos postulados para explicar a ligação química. Iniciou-se pelos modelos prévios ao século XX, ligados à teoria atômica de Dalton e à teoria eletroquímica da ligação química, assim como aos primeiros fundamentos do conceito de Valencia.

Os professores assistiram à exposição e participaram elaborando questões sobre as teorias e os modelos expostos.

#### **Sessão 2:**

Este encontro foi desenvolvido em continuidade ao encontro anterior, abordando-se o tema dos modelos históricos postulados para explicar a formação da ligação química no começo do século XX, e ligados ao desenvolvimento dos modelos atômicos.

Assim, foram apresentados os modelos da ligação química de Thompson, o modelo de Stark, o modelo de Bohr, o modelo de Kossel para a ligação iônica e o Modelo e Lewis e Langmuir para a ligação covalente. Os professores assistiram à exposição e participaram elaborando questões sobre as teorias e os modelos expostos, relacionando-as com os modelos que eles ensinam. Os professores foram submetidos a reflexão constantes sobre a importância do conhecimento destes modelos para o ensino.

**Sessão 3:**

Este encontro foi desenvolvido em continuidade ao encontro anterior, abordando-se o tema dos modelos históricos postulados para explicar a formação da ligação química com a influência do desenvolvimento da física quântica, até os modelos atuais.

Assim, foram apresentados os modelos de repulsão de pares eletrônicos de valência, o modelo de quarteto duplo de Linnet, as teorias de ligação de valência e a teoria de orbitais moleculares. Os professores assistiram à exposição e participaram elaborando questões sobre as teorias e os modelos expostos, relacionando-as com os modelos que eles ensinam.

O material de pesquisa coletado nestes encontros corresponde às respostas sobre as questões para reflexão, apresentadas no Apêndice 8, e a gravação das interações discursivas dos encontros com o grupo de professores.

*3.4.4. Terceiro momento de pesquisa: A construção de uma unidade didática para o ensino da ligação química fundamentada na modelagem.*

Durante o processo de formação, os professores tiveram a oportunidade de refletir sobre diferentes temáticas relacionadas à modelagem como estratégia de ensino, e sobre a ligação química como conceito de interesse para desenvolver uma proposta de ensino deste conceito, fundamentada na modelagem.

A elaboração da unidade didática foi utilizada como uma estratégia que permite integrar os conhecimentos discutidos e sobre os quais se refletiu durante o processo formativo, em um produto que permitisse reconhecer o desenvolvimento do conhecimento do professor. Para este propósito, foi necessário definir uma estrutura para a unidade didática a ser elaborada pelos professores, que permitisse reconhecer estes elementos associados aos componentes do PCK do professor.

Pesquisando na literatura decorrente da pesquisa em Ensino de Ciências, a respeito da elaboração de unidades didáticas, escolheu-se a proposta elaborada por Sánchez e Valcárcel (1993); estes dois atores propuseram um modelo de construção de unidades didáticas fundamentado em cinco componentes: análise científica, análise didática, seleção de objetivos, seleção de atividades de ensino e aprendizagem e seleção de atividades de avaliação.

Autores como Garcia e Garritz (2006) têm estabelecido uma relação entre os componentes deste modelo e os cinco componentes propostos por Magnusson et al. (1999) sobre o PCK (Quadro 7). A partir desta relação, estes autores concluíram que o modelo de construção de unidades didáticas proposto por Sánchez e Valcárcel (1993) apresenta potencial para o desenvolvimento do PCK do professor que a elabora. Assim, a construção da unidade didática é um instrumento para desenvolver o PCK do professor (GARCIA; GARRITZ, 2006).

**Quadro 7.** Relação entre os componentes do modelo de unidade didática (SANCHEZ; VALCARCEL, 1993) e os componentes do PCK (MAGNUSSON et al., 1999)

<b>Componentes do modelo para elaboração de unidades didáticas segundo Sánchez e Valcárcel (1993)</b>	<b>Componentes do PCK propostos por Magnusson et al. (1999)</b>
Análise Científica	Conhecimentos e crenças sobre o currículo de Ciências
Análise Didática	Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências
Seleção de objetivos	Conhecimentos sobre orientações para o Ensino de Ciências
Seleção de atividades de ensino-aprendizagem	Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências
Seleção de atividades de avaliação	Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências

Fonte: adaptado de Garcia et al. (2006).

Assim, neste terceiro momento da pesquisa, foi proposto o trabalho colaborativo do grupo de professores em torno da construção de uma unidade didática fundamentada na modelagem como estratégia de ensino para o conceito de ligação química, baseada no modelo proposto por Sánchez e Valcárcel (1993).

O processo de construção da unidade didática e seu produto final, assim como a reflexão sobre seu desenvolvimento e aplicação, evidenciado através do instrumento utilizado para reconhecer a representação do conteúdo (CoRe) aplicado no final do processo, constituem-se nos elementos que integram a fase final do processo de pesquisa, a fim de permitir elaborar descrever, inferir e teorizar sobre o PCK do professor participante da pesquisa e seu desenvolvimento através da proposta formativa.

O cronograma dos encontros desenvolvidos neste terceiro momento de pesquisa pode ser observado no Apêndice 9, e uma breve descrição de cada encontro é apresentada a seguir:

#### 3.4.4.1. Primeiro encontro

**Tema:**

Elaboração de uma sequência didática para o ensino-aprendizagem de ligação química, fundamentada na modelagem.

**Propósito**

Conhecer quais são os elementos necessários para a construção de uma unidade didática.

**Referenciais utilizados**

SANCHEZ, B.; VALCARCEL, P. Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 1, p. 33-44. 1993.

**Descrição do encontro****Sessão 1:**

Nesta primeira sessão, que teve uma duração de 60 minutos, contou-se com a presença dos quatro professores do grupo colaborativo. A sessão foi iniciada pela apresentação do material de referência aos professores, utilizando uma apresentação de slides, contendo as definições de cada componente do modelo de construção de unidade didática proposto por Sanchez e Valcarcel (1993). Através da exposição, indicou-se como se integram os conhecimentos desenvolvidos no processo de formação com cada componente para a construção da unidade didática.

Utilizando o referencial de Sanchez e Valcarcel (1993) dividiu-se o processo de construção da unidade em:

- Análise científica
- Análise didática
- Seleção de objetivos
- Seleção de atividades de ensino e aprendizagem
- Seleção de atividades de avaliação

**Sessão 2:**

Nesta sessão, que teve duração de 60 minutos, contou-se com a presença de dois professores do grupo colaborativo. Os professores iniciaram o processo de construção elaborando a análise científica do conceito de ligação química.

Para realizar a análise científica partiu-se da identificação dos conceitos fundamentais que seriam abordados no desenvolvimento da unidade didática,

estabelecendo relações entre eles a partir da elaboração de um mapa conceitual. No cumprimento desta tarefa os professores desenvolveram um interessante processo de reflexão coletiva na construção de um mapa conceitual sobre a ligação química.

Uma vez elaborado o mapa conceitual os professores construíram uma sequência das questões fundamentais, que permitiram o desenvolvimento da unidade didática. Com este exercício finalizou-se a segunda sessão.

### **Sessão 3:**

Nesta sessão, que teve uma duração de 60 minutos, contou-se com a presença dos quatro professores do grupo colaborativo. As atividades foram iniciadas pela apresentação do trabalho da sessão anterior ao grupo de professores que não haviam conseguido participar da mesma.

Os professores começaram a debater sobre o mapa conceitual elaborado e a sequência das questões elaboradas para o desenvolvimento da unidade didática, o que acarretou uma reconstrução da estrutura proposta. A versão final do mapa conceitual e as questões relacionadas podem ser observadas no Anexo 2. A sessão foi finalizada pela consolidação da análise científica sobre a unidade didática em desenvolvimento.

### **Sessão 4:**

Esta sessão, que teve duração de 4 horas, foi desenvolvida com a participação dos quatro professores do grupo colaborativo.

Nesta sessão o pesquisador apresentou uma síntese das ideias prévias sobre a ligação química, já estudadas no processo formativo. Os professores analisaram a informação apresentada e adicionaram outros elementos derivados de seu conhecimento e prática.

Em seguida, o grupo de professores elaborou uma análise das implicações destas concepções dos estudantes sobre a ligação química e identificaram as dificuldades que elas representam na aprendizagem, definindo suas consequências no processo de ensino. A análise didática elaborada pelo grupo colaborativo de professores pode ser consultada no Anexo 2.

Posterior a este trabalho os professores articularam as análises científica e didática em um quadro, e definiram os objetivos de aprendizagem para a unidade didática. Estes objetivos podem ser consultados no Anexo 2.

Definidos os objetivos, iniciou-se o processo da criação de atividades, tomando como referencial a estratégia de modelagem. Assim, os professores se dividiram em dois grupos de duas pessoas. A cada grupo foi atribuído o desenvolvimento de alguns dos objetivos propostos e cada grupo se encarregou de construir as atividades pertinentes de ensino, aprendizagem e avaliação. Finalizadas as tarefas dos grupos, suas produções foram socializadas e enviadas ao pesquisador para a consolidação das informações. A compilação final destas atividades pode ser consultada no Anexo 2.

#### 3.4.4.2. Aplicação da unidade didática e aplicação da CoRe Final

Como se manifestou inicialmente na descrição dos instrumentos de coleta de dados, a CoRe foi utilizada nesta pesquisa em dois momentos diferentes: previamente, ao início do processo formativo, com a intenção de identificar o PCK inicial do professor de Química e, após o desenvolvimento do processo formativo e a elaboração e aplicação da unidade didática, com a intenção de reconhecer o desenvolvimento do PCK do professor através da interação desenvolvida em todo o processo.

Conforme planejado anteriormente, finalizando a aplicação da unidade didática foi elaborada uma entrevista a ser realizada com o professor sujeito de pesquisa, utilizando as questões da base da entrevista propostas na CoRe. Esta entrevista permitiu obter informações detalhadas sobre o PCK do professor no final do processo, além sua percepção sobre as mudanças acontecidas no processo de ensino da ligação química decorrentes desta nova proposta.

### 3.5. Análises dos dados

#### 3.5.1 *O método de análise: a Análise Textual Discursiva.*

Com o propósito de identificar o PCK sobre a ligação química do professor e reconhecer seu desenvolvimento através do processo formativo, foi preciso identificar entre as diferentes possibilidades metodológicas para a análise de dados, aquela que se adaptasse melhor às características próprias da presente pesquisa, principalmente no tocante ao problema da pesquisa, o referencial teórico utilizado, os tipos e características próprias dos dados coletados.

Os dados coletados nesta pesquisa vieram de três fontes principais: o desenvolvimento da CoRe inicial e final, os PaP-eRs, e a produção oral e escrita do

professor, (respostas a questionários, guia didática, gravações dos encontros, planos de aula entre outros). Em geral, essas fontes são constituídas por textos narrativos construídos pelo professor sujeito de pesquisa, como é o caso da CoRe e as produções escritas, ou pelo pesquisador, através das narrativas do professor sobre seu exercício na sala de aula.

A leitura de diferentes métodos de análises de dados relacionados com textos narrativos levou a considerar como mais adequado como método de análise a proposta caracterizada como Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2006, 2011).

Segundo Moraes, a análise textual discursiva

[...] pode ser compreendida como um processo auto organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: desconstrução do *corpus*, a unitarização, o estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização, e o captar do novo emergente em que nova compreensão é comunicada e validada (MORAES, 2003, p. 192).

A característica principal que determinou a escolha da Análise Textual Discursiva como estratégia metodológica adotada para a análise de dados, ao invés de outras formas mais tradicionais de análise de conteúdo, é a superação do critério da exclusão mútua. Na análise textual, o critério de exclusão mútua perde sua sustentação frente às múltiplas leituras de um texto. Uma mesma unidade pode ser lida sob diferentes perspectivas, resultando em múltiplos sentidos, dependendo do foco ou da perspectiva em que seja examinada.

A natureza holística do conhecimento do professor leva a considerar que, na abordagem do PCK do professor uma mesma unidade de significado possa obedecer a mais de uma categoria, uma vez que pode ser abordada sob diferentes perspectivas. Assim, esta característica da análise textual discursiva representa um movimento positivo no sentido da superação da fragmentação e em direção a descrições e compreensões mais holísticas e globalizadas do PCK do professor. (MORAES, 2003). Segundo Moraes (2003), a análise textual discursiva passa pelos seguintes momentos:

#### 1. Desmontagem dos textos: desconstrução e unitarização.

A desconstrução e unitarização consistem num processo de desmontagem ou desintegração dos textos, destacando seus elementos constituintes. Na desconstrução dos textos surgem as unidades de análise, também denominadas unidades de significado

ou de sentido, as quais são sempre definidas em função de um sentido pertinente aos propósitos da pesquisa. (MORAES, 2003).

A partir da perspectiva de Moraes (2003), a unitarização pode ser desenvolvida em três momentos distintos:

- Fragmentação dos textos e codificação de cada unidade.
- Reescrita de cada unidade de modo que assuma um significado o mais completo possível em si mesma.
- Atribuição de um nome ou título para cada unidade assim produzida.

## 2. Estabelecimento de relações: o processo de categorização

Na categorização elabora-se um processo de comparação constante entre as unidades definidas no processo inicial da análise, levando a agrupamentos de elementos semelhantes. Os conjuntos de elementos de significação próximos, constituem as Categorias. As Categorias constituem conceitos abrangentes que possibilitam compreender os fenômenos, e precisam ser construídos pelo pesquisador (MORAES, 2003).

A análise textual discursiva pode utilizar na construção de novas compreensões dois tipos de categorias: categorias a priori e categorias emergentes. As primeiras correspondem a construções que o pesquisador elabora antes de realizar a análise dos dados propriamente dita. Provém das teorias que fundamentam o trabalho e são obtidas por métodos dedutivos. As categorias emergentes são construções teóricas que o pesquisador elabora a partir das informações do conjunto de textos de análises, “corpus” e sua produção é associada aos métodos indutivos e intuitivos.

Uma terceira alternativa constitui um modelo misto de categorias. Nesse modelo o pesquisador parte de um conjunto de categorias definido a priori, complementando-as ou reorganizando-as a partir da análise.

## 3. Captando o novo emergente: expressando as compreensões atingidas

Segundo Moraes (2003), a terceira fase da análise textual discursiva é a captação do novo emergente através da construção de um metatexto pelo pesquisador,

[...] os metatextos são constituídos de descrição e interpretação, representando o conjunto um modo de compreensão e teorização dos fenômenos investigados. A qualidade dos textos resultantes das análises não depende apenas de sua validade e confiabilidade, mas é, também, consequência do pesquisador assumir-se como autor de seus argumentos (MORAES, 2003, p. 202).

A produção do metatexto é um processo no qual o pesquisador elabora compreensões e aprendizagens aprofundadas sobre os fenômenos investigados. Nele o pesquisador elabora um exercício de descrição, interpretação, inferência e teorização.

A descrição constitui uma exposição de ideias a partir de uma perspectiva próxima de uma leitura imediata, mesmo que aprofundada, a partir das categorias construídas ao longo da análise. Na interpretação constroem-se novos sentidos e compreensões mais aprofundadas, indo além da expressão de construções obtidas dos textos e de um exercício meramente descritivo. O inferir pode ser compreendido como um movimento dos textos ou referenciais empíricos para o contexto que os produziu (MORAES, 2003, p 205).

A descrição, interpretação e inferência possibilitam a construção de novas teorias ou teorização dos fenômenos investigados (MORAES, 2003). Segundo Moraes, a teorização pode ocorrer de duas formas

[...] O primeiro movimento de teorização é a construção de uma estrutura de categorias expressando os principais elementos constituintes dos fenômenos estudados e suas relações. (...) O segundo modo de teorização, não tão típico da abordagem qualitativa, mas não ausente nela, é a ampliação de teorias já existentes. Geralmente está associado ao tipo de análise que utiliza categorias a priori, ou seja, derivadas de alguma teoria. Nessa perspectiva teorizar é tornar mais complexas as categorias existentes e suas relações, significando nesse sentido uma ampliação e uma complementação de teorias já existentes (MORAES, 2003, p. 205).

Tomando como referencial o Método de Análise Textual Discursiva descrito acima, descreve-se, a seguir, o procedimento adotado para processar os dados obtidos nesta pesquisa.

### 3.5.2 *Do roteiro de análise dos dados*

#### 3.5.1.1. Transcrição e organização dos dados:

Uma quantidade significativa dos dados obtidos nesta pesquisa, corresponderam a narrativas derivadas das interações discursivas do grupo colaborativo de professores. Estas narrativas foram capturadas mediante a filmagem dos encontros. No tratamento deste tipo de dados foi necessário a observação repetitiva dos vídeos para a transcrição e construção de um texto escrito sobre o qual fosse possível realizar as análises. Um

processo similar foi necessário com a entrevista utilizada para capturar a CoRe final, que foi inicialmente registrada em vídeo.

Outra importante parte dos dados obtidos corresponderam ao material escrito. Neste conjunto de dados se encontram, a CoRe inicial que foi redigida pela professora, os PaP-eRs construídos a partir das narrativas do professor sobre suas aulas, os planos de aula do professor, as respostas aos questionários e reflexões apresentadas nos encontros formativos e a unidade didática final construída pelo grupo colaborativo. No momento em que todo o material estava compilado em forma escrita, foi organizado em três pastas, que refletem os três momentos da pesquisa:

**PCK inicial:** Sob este rótulo foram organizados os dados correspondentes à CoRe inicial, os PaP-eRs, e os planos de aula do professor.

**PCK em desenvolvimento:** sob este rótulo foram organizados os dados correspondentes aos PaP-eRs construídos a partir das narrativas do professor sobre suas aulas e as narrativas apresentadas nos encontros formativos, derivadas das respostas às questões propostas e reflexões do professor.

**PCK no final do processo:** sob este rótulo foram organizados os dados correspondentes à CoRe final e à unidade didática final construída pelo grupo colaborativo.

Como pode reconhecer-se, os PaP-eRs são tomados como referência para analisar o PCK inicial e também o PCK em desenvolvimento. A razão pela qual estes são considerados para analisar o PCK inicial é que são construídos com o professor sujeito de pesquisa, tomando como referência a sua proposta de ensino inicial. Assim, no início do processo, a interação entre a CoRe e os PaP-eRs permite confirmar e ampliar a informação sobre o PCK inicial.

Contudo, considerando que os PaP-eRs foram levantados num momento no qual já havíamos avançado em parte no processo formativo e neles inclui-se uma modificação na proposta inicial do professor, na forma de desenvolvimento de uma atividade de modelagem proposta pelos professores sujeitos de pesquisa, pode-se afirmar que nas narrativas dos PaP-eRs, já se revelam elementos de tipo reflexivo em relação ao processo formativo proposto. Portanto, esta fonte foi considerada para reconhecer elementos do desenvolvimento do PCK do professor.

### 3.5.1.2. Fragmentação dos textos e codificação de cada unidade:

Várias leituras foram necessárias de cada material escrito, identificando aqueles textos que pudessem se tornar unidades de análises.

Nos materiais escritos em formato digital, os textos identificados como unidades de análise foram ressaltados e codificados utilizando a ferramenta “novo comentário” do processador de textos de Word; a codificação obedeceu ao seguinte sistema de letras e números, como se exemplifica no seguinte código:

#### **CRiPAg18**

CRi: fonte de unidade de análise

PAg: Professora Agatha

18: Número da unidade de análise.

Cada fonte foi identificada com a seguinte codificação.

**Quadro 8.** Codificação das unidades de análises de acordo com suas fontes

<b>Fonte</b>	<b>Código</b>
CoRe inicial	CRi
PaP-eRs : Relatos narrativos	RN
Planos de aula	PA
Unidade didática final	UD
CoRe final	CRf
Questionário Diagnostico	QD

Fonte: Autor.

Considerando que, ao separar a unidade de análise do texto original no qual foi produzido, esta pode perder seu sentido, algumas unidades de análise foram reescritas de modo que expressassem com clareza os sentidos construídos de parte do contexto de sua produção (MORAES, 2003).

### 3.5.1.3. Categorização:

No presente estudo as categorias de análises estão fundamentadas no referencial teórico do PCK segundo a perspectiva de Magnusson et al. (1999), razão pela qual se consideram categorias e subcategorias a priori. Assim, o processo de categorização

precisaria considerar como categoria central o PCK e como subcategorias de análise os componentes do PCK derivados deste referencial teórico. No Quadro 9, apresenta-se a relação entre a categoria central de análise e as subcategorias.

**Quadro 9.** Categorias e subcategorias de análises.

<b>Categoria Conhecimento Pedagógico do conteúdo PCK</b>	<b>Subcategorias do PCK</b>
	1. Conhecimentos sobre Orientações para o ensino de Ciência.
	2. Conhecimentos sobre o currículo de Ciências.
	3. Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências.
	4. Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências.
5. Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.	

. Fonte: Adaptado de Magnusson et al. (1999)

Uma nova leitura das unidades de análise e do referencial teórico, foi necessária para relacionar cada unidade de análise com uma das subcategorias derivadas do referencial teórico dos componentes do PCK propostos por Magnusson et al. (1999). Este procedimento possibilitou reconhecer a relação entre a CoRe, como instrumento utilizado no início e final da pesquisa e as subcategorias de análise. Esta relação é apresentada no Quadro 10, relação esta proposta por Candela (2016), e que foi a base para categorizar as unidades de análise obtidas na CoRe.

**Quadro 10.** Relação entre as perguntas da CoRe e as subcategorias do PCK

<b>Subcategorias da PCK</b>	<b>Perguntas da CoRe relacionadas com as subcategorias</b>
1. Orientações para o ensino de Ciência.	1, 2, 7
2. Conhecimentos sobre o currículo de Ciências.	1, 3
3. Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências.	7
4. Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências.	4, 5, 6
5. Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.	8

Fonte: adaptado de Candela (2016)

Deve-se ressaltar que algumas unidades de análise foram classificadas em mais de uma categoria, característica própria deste método, no qual se entende que uma mesma unidade pode ser lida de diferentes perspectivas, resultando em múltiplos sentidos, dependendo do foco ou da perspectiva em que seja examinada (MORAES, 2003).

#### 3.5.1.4. Construção do Metatexto

Uma vez definidas e agrupadas, as unidades de análise em categorias, foram procuradas semelhanças entre elas, estabelecendo relações entre as unidades próximas, que permitiram dar uma interpretação e um significado global ao agrupamento de unidades no interior de cada subcategoria de análise.

No processo de escrita do Metatexto, foi considerado o desenvolvimento longitudinal da pesquisa, o que permitiu estabelecer relações entre as narrativas apresentadas pelo professor no tempo, evidenciando o desenvolvimento do seu PCK no processo. Neste sentido, construiu-se um texto estruturado com um corpus, no qual se descreve o PCK do professor sujeito de pesquisa a partir das cinco subcategorias de análise, cada uma relacionada com um dos cinco componentes do PCK segundo a perspectiva de Magnusson et al. (1999). No interior de cada categoria se desenvolveu o metatexto a fim de reconhecer o PCK do professor no início do processo, seu desenvolvimento e situação no final do processo, estruturando o texto a partir de três questões:

1. Que elementos foram revelados sobre este componente no começo do processo formativo?
2. Que novos elementos sobre este componente foram reconhecidos no PCK do professor durante o desenvolvimento do processo formativo?
3. Que elementos foram reconhecidos sobre este componente no final do processo, que justificaram o desenvolvimento do PCK?

Segundo Moraes (2003), na organização do Metatexto de cada categoria, apresentam-se dois momentos: descrição e interpretação, que podem ser trabalhados de modo integrado, embora, em geral, a primeira fase seja constituída da descrição como uma produção textual mais próxima do empírico, e que Moraes (2003, p. 204) define como: “um esforço de exposição de sentidos e significados em sua aproximação mais

direta com os textos analisados”. Nesse sentido, tentou-se primeiro dar um sentido descritivo às categorias de análise, relacionando as diferentes unidades de análise. Posteriormente se pretendeu dar um sentido global interpretando a informação por meio das articulações entre os dados empíricos da pesquisa e seus referenciais teóricos, e estabelecendo relações com o contexto, o que permitiu inferir novos elementos e finalmente se teorizou sobre cada categoria.

Em resumo, o produto do processo de análise corresponde a uma descrição rica e detalhada do PCK do professor e de seu desenvolvimento através do processo formativo, a partir das subcategorias do PCK propostas por Magnusson et al. (1999). A análise da informação descrita em cada subcategoria em relação ao seu contexto permitiu construir novas interpretações e inferências em relação com o PCK, possibilitando teorizar em torno ao desenvolvimento do PCK neste processo formativo, em relação à formação de professores em atividades de modelagem. Assim se apresenta no capítulo a seguir os produtos das análises.

## 4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISE

### 4.1. O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo da professora Agatha e seu desenvolvimento

#### 4.1.1. Conhecimentos sobre as orientações para o ensino de Ciência.

Que elementos se revelaram sobre as orientações para o Ensino de Ciências no PCK da professora Agatha no começo do processo formativo?

Este componente do PCK está relacionado com os propósitos que concebe o professor para o Ensino de Ciências. O primeiro ponto de referência para esta análise é o evidenciado pela professora Agatha através da CoRe desenvolvida no começo do processo de pesquisa.

Ao perguntar à professora Agatha “Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?”, pudemos identificar a seguinte sequência de propósitos ligados a cada ideia central na qual se desenvolve o tema ligação química, os quais se relacionam com as respostas à questão n. 2 da CoRe, apresentadas no Quadro 11:

**Quadro 11.** Respostas a questão N° 2 da CoRe inicial professora Agatha.

	<b>Ideias centrais no tema de ligação química nas quais se divide seu ensino</b>		
	Eletronegatividade	Regra do octeto e símbolos de Lewis:	Ânion e cátion, ligação iônica, ligação covalente
<b>2. Por que considera importante que os estudantes conheçam essa ideia?</b>	Permite ao aluno prever o comportamento dos elementos identificados na tabela periódica. <b>CRiPAg1</b>	Permite representar com símbolos e números como um elemento pode mudar de estável a instável.	Para explicar o comportamento das substâncias e prever o que pode acontecer, ou acontece com algumas substâncias, soluções, misturas e materiais da vida cotidiana. <b>CRiPAg2</b>

Fonte: Autor.

Ao observar os propósitos apresentados, reconhece-se que estes se situam principalmente em aspectos disciplinares, ou seja, ligados ao desenvolvimento de cada ideia em relação à existência de uma coerência entre uma ideia e a seguinte, permitindo assim o desenvolvimento da temática (CRiPAg1).

Não obstante, pode-se identificar também um interesse da professora em que o estudante relacione o conhecimento da disciplina com a vida cotidiana. Isto é evidenciado em sua resposta quando pergunta-se sobre o propósito de ensinar os conceitos relativos a cátions e ânions, ligação iônica e covalente (CRiPAg2).

Ao relacionar a informação da CoRe inicial com os relatos narrativos de suas aulas pode-se confirmar que prevalece uma orientação disciplinar nos propósitos de ensino, o que pode ser reconhecido pela seguinte narrativa da professora sobre suas aulas:

RNPAg8: Nesta aula começa-se com a regra do octeto. O tema da regra do octeto é importante porque permite relacionar a estabilidade de um elemento com o alcance da configuração eletrônica do gás nobre mais próximo na tabela periódica. Além disso, que seja representado através das estruturas de Lewis.

Além disso, os relatos narrativos das aulas da professora sustentam sua intenção de relacionar o conhecimento da disciplina com a vida cotidiana, como se pode reconhecer no relato a seguir:

RNPAg19: Depois da aula os estudantes consultaram sobre a solubilidade e condutividade elétrica, no que surgiram termos como dissociação de íons e sais. Questionou-se sobre estes termos aos estudantes em relação com a vida cotidiana: Que é dissociar? Que é um sal? De acordo com o conhecimento cotidiano destes termos, esclareceu-se o que é um sal e como se dissociam os íons em solução.

Segundo Magnusson et al. (1999), as orientações que o professor dá ao Ensino de Ciências se relacionam diretamente com os propósitos de ensino. Além disso, com o processo de ensino desenvolvido na sala de aula. Assim, quando na CoRe inicial pergunta-se à professora Agatha sobre os métodos de ensino utilizados, a professora afirma que desenvolve uma proposta didática caracterizada pela explicação oral tipo palestra, utilizando perguntas para orientar e explicar aos estudantes. A visualização dos conhecimentos é realizada através de lâminas, representações, modelos e a elaboração de exercícios, com o objetivo de aplicar o conhecimento abordado em aula. Algumas destas ações na sala de aula podem ser identificadas nas seguintes respostas à CoRe inicial.

CRiPAg3: Quais são os métodos utilizados no ensino da Regra do Octeto e símbolos de Lewis?

Fazem-se exercícios para identificar os elétrons de valência e representar graficamente em estrutura de Lewis. Fazem-se atividades de elaboração de modelos em poliestireno e / ou argila para compreender a regra do octeto.

CRiPAg4: Quais são os métodos utilizados no ensino de ânion e cátion?

Com a elaboração dos modelos em poliestireno e o domínio dos conceitos de eletronegatividade e estrutura de Lewis, se representa e identifica os elementos que podem se comportar como cátions e ânions. Elaboram-se representações no caderno com diferentes elementos químicos.

Relacionando o propósito dado para o ensino da ligação química pela professora Agatha aos tipos de atividades desenvolvidas em sala de aula podemos identificar a orientação que dá ao ensino, em concordância com as diferentes orientações que propõem Magnusson et al. (1999) (ver quadro 1 e 2 referencial teórico) A partir desta perspectiva, a orientação que mais se aproxima ao identificado nos dados relacionados à professora Agatha é a orientação chamada “Didática”, na qual o principal propósito é transmitir os “fatos da Ciência”, caracterizada na sala de aula pela apresentação tipo palestra e a discussão com os alunos.

Segundo Magnusson et al. (1999) uma orientação ao ensino de tipo “Didática” se caracteriza por: “O professor apresenta a informação, geralmente através de palestra ou discussão, e as perguntas direcionadas aos alunos têm o propósito de fornecer um suporte justificável para o conhecimento dos fatos produzidos pela Ciência” (MAGNUSSON et al., 1999, p. 101).

Embora a professora afirme desenvolver diferentes tipos de atividades além da explicação oral, como a elaboração de perguntas aos estudantes orientando a explicação, a visualização dos conhecimentos através de lâminas, representações, modelos, e a aplicação em exercícios, estes podem também ser utilizados em outras orientações como a pesquisa dirigida e a mudança conceitual. O propósito destas atividades na proposta de ensino da professora Agatha é dar um maior suporte, ou fundamentação, aos conhecimentos da Ciência que se deseja transmitir. Por estas razões, considera-se que a definição da orientação ao Ensino de Ciências como de tipo “Didática”, é a que mais se aproxima à atuação da professora Agatha, em concordância com as estratégias desenvolvidas em sala de aula e os propósitos dados pela professora ao ensino da ligação química.

**Que elementos do PCK da professora Agatha no componente de orientações para o Ensino de Ciências são identificados durante o desenvolvimento do processo formativo?**

Na proposta de formação desenvolvida possibilitou-se o processo refletivo da professora Agatha, e com ele, caracterizar seu PCK, sustentando aspectos já identificados através da CoRe inicial, identificando reflexões em relação com o processo de formação, o que permite falar de um desenvolvimento em seu PCK. Nesse sentido, foram analisados em conjunto os relatos narrativos das aulas, as respostas dadas a algumas questões de reflexão propostas e as narrativas emergidas através de cada um dos encontros, procurando reconhecer como a reflexão da professora justifica o desenvolvimento de seu PCK.

As respostas dadas a algumas questões de reflexão propostas nos encontros do processo formativo revelam novos elementos do PCK da professora Agatha, em relação às orientações para o Ensino de Ciências.

No encontro formativo N° 1, foram abordadas as visões da Ciência e atividade científica do professor. Ao se questionar a professora Agatha sobre sua visão sobre a Ciência, ela se identificou com uma visão sobre a Ciência na qual se focaliza no entendimento do mundo natural para sua compreensão a partir do domínio de conhecimento e ferramentas da Ciência, o que permite adotar posturas próprias e concordantes com o conhecimento construído em sala de aula. Isto se reconhece nas seguintes narrativas da professora:

RNPAg1: Qual é minha visão sobre a Ciência?

Focaliza-se no entendimento do mundo natural para sua compreensão, a partir do domínio de conhecimento e ferramentas da Ciência.

RNPAg3: Qual é o propósito do Ensino de Ciências?

Poder explicar os fenômenos e componentes de natureza fundamentando-se no construído por outros, o que permite adotar posturas próprias e concordantes com o conhecimento construído em sala de aula.

Este propósito se faz específico para o conceito da ligação química, no que se pode reconhecer o interesse da professora Agatha de relacionar o conhecimento teórico com a compreensão e explicação da existência, uso e comportamentos das substâncias.

RNPAg14: A aprendizagem da ligação química é importante porque permite compreender a existência das diferentes substâncias, moléculas que existem na natureza, explicar como se formam e conseguem se perpetuar e estabilizar no meio onde existem.

A professora Agatha manifesta que este propósito se reflete em sala de aula, quando se desenvolvem processos nos quais se motiva a observação de fenômenos, a elaboração

de explicações, registro de dados, a expressão gráfica de saberes e criações manuais, que permitam explicar os conceitos e fenômenos

RNPAg2: Como se reflete sua visão sobre a Ciência em suas aulas de Ciências? São desenvolvidas atividades como explicação de conceitos, motiva-se a observação de fenômenos para dar explicações, tomada e registro de dados, expressão gráfica de saberes, criações manuais para explicar conceitos ou fenômenos.

O que foi dito anteriormente permite inferir que a professora Agatha acredita que o desenvolvimento de procedimentos próprios da atividade científica em sala de aula possibilita a aprendizagem e apropriação do conhecimento e sua aplicação na interpretação de fenômenos.

Também é interessante analisar que, quando elabora esta reflexão, a professora utiliza os termos “expressão gráfica de saberes e criações manuais para explicar conceitos e fenômenos” para referir-se ao que, no decorrer do processo formativo, se identifica como atividades de modelagem. Isto evidencia-se no seguinte relato de suas aulas, no qual identifica-se uma reflexão sobre o propósito das atividades de modelagem em sala de aula:

RNPAg15: Nesta seção da aula a professora trouxe o desenvolvimento de uma atividade prática que consistia em experimentar a condutividade de diferentes substâncias comumente utilizadas no cotidiano, tais como açúcar, sal, água, álcool, vinagre, entre outros. Os alunos, ao desenvolverem o experimento, devem emitir hipóteses sobre o comportamento das substâncias e confirmá-las experimentalmente. Estas hipóteses devem ser acompanhadas pelo desenvolvimento de modelos para explicar o comportamento da substância em solução, como condutor ou não condutor da eletricidade.

RNPAg16: A professora disse que uma vez tendo avançado nos fundamentos conceituais, pode aplicar esta atividade prática, que visa buscar que conceitos já abordados têm uma relação com a realidade. A atividade de modelagem permite ter o contato com uma substância e vincular o experimentado ao conceito da Química e ao uso de substâncias Químicas.

A partir da reflexão da professora Agatha durante o processo formativo e as narrativas de suas aulas, confirma-se a importância das atividades de experimentação e da modelagem em sua proposta didática, que permitem, uma vez abordados os conhecimentos teóricos e utilizando exposições ou palestras, apoiar e melhorar a compreensão dos conceitos envolvidos. Neste sentido, durante o desenvolvimento do processo formativo, observa-se que o PCK da professora Agatha no componente de Orientações para o Ensino de Ciências conserva uma orientação didática com uma

importante valorização do aspecto experimental e prático. As atividades de modelagem são reconhecidas e inseridas na estratégia de ensino para afiançar o conhecimento teórico que se deseja ensinar. Esta característica revela um desenvolvimento em relação à proposta didática identificada no PCK no início do processo formativo, na qual atividades de modelagem eram realizadas sem ligação com as atividades práticas, com o fim de afiançar os conceitos principalmente como meio de visualização.

### **Que elementos do PCK da professora Agatha no componente de orientações para o Ensino de Ciências são identificados ao final do processo formativo?**

No acompanhamento do desenvolvimento do PCK da professora Agatha ao final do processo, duas fontes foram analisadas: a unidade didática construída pelo grupo colaborativo de professores e a CoRe final.

Assim, ao analisar as respostas da professora Agatha à questão: “Por que considera importante que os estudantes conheçam sobre o tema ligação química?”, apresentadas no Quadro 12, podemos identificar na CoRe final uma mudança na ênfase dada ao ensino através de cada uma das ideias que o compõem. A ideia principal que se expressa é uma pergunta - “Por que se unem os átomos?” - e através dela, o conceito de estabilidade, ou seja, procura-se reconhecer o sentido da ligação química na explicação da existência, da estabilidade e do comportamento das substâncias.

**Quadro 12.** Respostas dadas à pergunta N° 2 da CoRe final

	<b>Ideias centrais no tema de ligação química nas quais se divide seu ensino</b>		
	Por que se unem os átomos?	Quais são as teorias que explicam a união dos átomos? Estrutura de Lewis e eletronegatividade.	
<b>2. Por que considera importante que os estudantes conheçam essa ideia?</b>	CRfPAg1: Para entender o comportamento das substâncias na natureza. Ou seja, que possa explicar por que existem umas substâncias na natureza e por que outras não existem, em termos da estabilidade das	CRfPAg2: Entender como, a partir dessa explicação da estrutura de Lewis e eletronegatividade, existem ligações que podem ser previstas com alguma certeza que vão se formar. Fundamentados na representação gráfica, que revela uma grande	CRfPAg3: A ideia é que eles possam entender que as substâncias que nos acompanham em nossa vida diária têm um certo comportamento e que o comportamento é explicado a partir

	ligações que se formam.	possibilidade de que seus elementos podem ser unidos, porque eles vão cumprir as regras e as condições que explicam porque existe uma tal substância, e outra não.	da Química, através do tipo de ligação química que forma a substância.
--	-------------------------	--	--

Fonte: Autor.

Esta mesma característica pode ser reconhecida no primeiro objetivo proposto na unidade didática construída pelo grupo colaborativo de professores, do qual participou a Professora Agatha:

UDGc1: Relacionar a formação de ligações Químicas entre os átomos com a tendência para ganhar mais estabilidade, semelhante à que possuem os gases nobres, relacionando esta característica com a configuração eletrônica do último nível.

Esta característica não tinha sido identificada no começo do processo através da CoRe inicial, pelo que se pode assumir como tendo sido desenvolvido no processo, durante o qual foi dado uma maior ênfase ao conceito de estabilidade no ensino da ligação química, aspecto que foi discutido nos encontros reflexivos e na construção da unidade didática como central na compreensão da ligação química.

De um modo similar ao manifestado na Core inicial, foi mantido um interesse em entender o comportamento das substâncias com as quais temos uma relação em nosso cotidiano, como evidenciado no texto:

CRfPAg3: Quais são os tipos de ligação química? Ligação iônica, covalente e metálica.  
A ideia é que eles possam entender que as substâncias que nos acompanham em nosso cotidiano têm um certo comportamento e tem explicação na Química a partir dos tipos de ligação que formam a substância.

Com relação aos propósitos manifestados para o ensino da ligação química, observa-se uma variação e diversidade na gama de atividades apresentadas nas estratégias de ensino utilizadas pela professora Agatha. Nesta nova orientação, as atividades de experimentação situam-se no começo da sequência de atividades planejadas para o desenvolvimento da temática. Uma descrição geral da sequência é apresentada no desenvolvimento da segunda ideia (estruturas de Lewis e eletronegatividade). Na sequência propõe-se a experimentação, a elaboração e desenvolvimento de perguntas, apresentação de vídeos, explicação oral tipo palestra, elaboração de modelos, exposição dos modelos e exercícios de aplicação.

A seguinte narrativa nos apresenta a sequência de atividades desenvolvida para o ensino das ideias relativas às estruturas de Lewis e eletronegatividade

CRfPAg4: A primeira atividade realizada foi experimentar com um pedaço de sódio que reage com a água; este experimento, motivou muito os alunos, porque eles amam as reações fortes em Química; algumas questões foram levantadas sobre esta reação e sua comparação com a sal, quando é dissolvido em água. Por que o sal não reage com a água, mas o sódio é tão reativo? Esta prática permite introduzir a explicação das teorias da ligação química [...] Então, depois começamos a explicar as estruturas de Lewis e o conceito de regra do octeto para explicar por que o sódio e o cloro formam uma ligação que permite aos elementos alcançar uma estabilidade e também vimos um vídeo que explicava o tema [...] Em seguida, realizamos uma atividade com cartões nos quais se encontram representados cada elemento químico e seus elétrons de valência; com estes cartões os estudantes representam ligações entre elementos, usando estruturas de Lewis que satisfazem o octeto[...] Após, realizou-se a atividade de modelagem, utilizando bolas de isopor para representar as moléculas formadas com os cartões, alguns na realidade não existiam, e até mesmo alguns alunos muito interessados disseram que construíram moléculas que atenderam a regra do octeto, mas que não existiam e não encontravam como explicar isso. Assim, se explicou as exceções à regra do octeto quando a modelagem foi realizada. Foram levantadas questões que foram resolvidas em equipes colaborativas, sendo elaboradas exposições das moléculas que construíram [...]

Esta sequência permite reconhecer que o processo de experimentação e modelagem passaram a ocupar um papel diferente na sequência desenvolvida pela professora Agatha. Agora o propósito da atividade experimental é gerar elementos que permitam ao estudante questionar e elaborar hipóteses em relação ao fenômeno observado, para depois, contrastá-las com a teoria através de consultas, vídeos ou palestra. Posteriormente, estes conhecimentos foram desenvolvidos e estruturados através de atividades de modelagem, o que permitiu colocar em prática os conhecimentos construídos. Assim, o papel da experimentação e da modelagem foram utilizadas para a construção de conhecimento, e não só sua verificação, como acontecia na proposta inicial.

O observado permite reconhecer que, através do processo formativo baseado na modelagem como estratégia no ensino da ligação química e do trabalho em equipe colaborativa na construção de uma unidade didática, a professora Agatha passa a incorporar novos elementos em sua proposta de ensino, e mudanças na seleção dos objetivos para o ensino da ligação química. Isto significa que a professora Agatha, no desenvolvimento do seu PCK, está reconhecendo e aplicando novos elementos, que são mais próximos de orientações de ensino centradas na atividade do estudante, fazendo que eles assumam um maior protagonismo no processo de aprendizagem.

Percebe-se outros elementos estruturais na proposta da professora Agatha, como o trabalho em equipes, a definição de perguntas, a elaboração de hipóteses, a modelagem, a exposição e discussão de resultados, que se aproximam de diferentes orientações pedagógicas indicadas pela pesquisa em Ensino de Ciências. Contudo, não é possível associar totalmente sua proposta a uma orientação particular. A partir do que foi dito anteriormente, pode-se inferir que houve um enriquecimento no PCK da professora Agatha durante o processo formativo, percebidas através da inclusão em sua proposta didática de novos elementos relacionados com a modelagem como estratégia didática. Entretanto, a professora ainda mantém elementos identificados com a orientação didática identificada inicialmente. Ou seja, a professora incorporou à sua orientação original, novos elementos, que estão permitindo uma reestruturação de sua orientação no ensino da ligação química.

Segundo Magnusson et al. (1999), um dos resultados da pesquisa no componente orientações para o Ensino de Ciências presentes no PCK dos professores, indica que os professores podem utilizar múltiplas orientações, incluindo aquelas que têm objetivos incompatíveis, para o ensino da Ciência (SMITH; NEALE, 1989). Corroborando este resultado, a professora pode encontrar-se num momento no desenvolvimento de seu PCK, no qual revela elementos de diferentes orientações em sua proposta, na busca pela elaboração de uma orientação própria.

#### *4.1.2. Conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências.*

### **Que elementos se revelam sobre conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências no PCK da professora Agatha, no começo e após o desenvolvimento do processo formativo?**

No início do processo formativo, os conhecimentos e crenças da professora Agatha acerca do currículo de Ciências foram identificados através da informação coletada na CoRe, principalmente através das questões número um e três, complementadas com informações das fontes documentais, como o planejamento didático da professora. Porém, na análise deste componente se faz relevante a interação entre estas fontes com os relatos narrativos construídos sobre as aulas do professor, já que estes últimos revelam o PCK na prática da professora. Nestes relatos são encontrados elementos que permitem sustentar aspectos identificados através da CoRe e caracterizar de forma mais ampla seu PCK.

Os relatos foram construídos quando já se havia avançado no processo formativo, e permitiram reconhecer interações entre os novos conhecimentos construídos nas discussões durante o processo formativo e aqueles já identificados através do CoRe inicial da professora. Durante o processo formativo não se reconheceram narrativas que apontaram reflexões individuais sobre este componente, o que aumenta a relevância de analisar este componente do PCK no começo do desenvolvimento do processo formativo, através da interação entre a CoRe, fontes documentais e os relatos narrativos das aulas da professora.

Este componente do PCK é classificado por Magnusson et al. (1999) em duas categorias: conhecimentos das metas e objetivos; e conhecimento de programas e materiais curriculares específicos.

Na identificação da PCK da professora Agatha, procurou-se identificar o conhecimento das metas e objetivos de aprendizagem dos estudantes no tema ligação química, assim como o conhecimento sobre como este se articula com outros temas no desenvolvimento do ano escolar (currículo horizontal). Além disto, esperava-se identificar o conhecimento da professora sobre o que os estudantes devem ter aprendido em anos anteriores para abordar o tema de ligação química e como este incide nos temas que se deseja que sejam aprendidos nos próximos anos (currículo vertical) (GROSSMAN, 1990).

Assim, ao desenvolver a questão 1 da CoRe inicial: “O que você pretende que os estudantes aprendam sobre esta ideia?”, percebe-se nas respostas da professora Agatha, elementos do currículo horizontal através da forma como estrutura o tema ligação química, a fim de que o mesmo seja ensinado. A professora divide o tema em cinco ideias principais: eletronegatividade, regra do octeto e símbolos de Lewis, ânions e cátions, ligação iônica e ligação covalente.

Nesta estruturação nota-se que o tema eletronegatividade é entendido como o requisito fundamental para a compreensão das ligações iônica e covalente. Para desenvolver o tema eletronegatividade, evidencia-se como pré-requisito a compreensão da tabela periódica em aspectos como propriedades dos elementos, suas configurações eletrônicas, elétrons de valência e gases nobres. Do mesmo modo observa-se como a professora relaciona a regra do octeto às representações de Lewis, como duas temáticas conectadas, como se pode perceber nos seguintes relatos da CoRe apresentados no Quadro 13.

**Quadro 13.** Respostas da professora Agatha questão N° 1 da CoRe inicial

1. O que você está tentando que os alunos aprendam sobre essa ideia?				
Eletronegatividade	Regra do octeto e símbolos de Lewis	Ânion e cátion	Ligação iônica	Ligação covalente
Que os valores de eletronegatividade são diferentes para cada elemento e variam de acordo com a sua localização na tabela periódica e também na força com que eles atraem os elétrons numa ligação.	Quando um elemento atende a regra do octeto, alcança a estabilidade do gás nobre e os símbolos de Lewis permitem-me representar quando ele consegue alcançar o octeto.	Que os elementos se comportam de maneira diferente dependendo de várias qualidades, como são os elétrons da camada de valência, o grupo da tabela periódica do qual fazem parte e se eles têm tendência a ganhar ou ceder elétrons.	É aquela que é gerada quando a diferença de eletronegatividade é elevada, dando origem a substâncias com certas qualidades similares.	A diferença de eletronegatividade é pequena o qual é característico dos tipos de substâncias que se formam.

Fonte: Autor

Esta relação entre os conceitos se ratifica no seguinte relato narrativo do professor:

RNPAg8: Esta aula começa com o tema da regra do octeto. Este tema é importante porque permite relacionar a estabilidade de um elemento com o alcance da configuração mais próxima da do gás nobre e permite que seja representado pela estrutura de Lewis.

Percebe-se também que a professora aborda o tema de cátions e ânions, antes de abordar a ligação iônica. Assim, para a professora é necessário como requisito que o estudante tenha conhecimentos sobre a estrutura do átomo:

RNPAg13: Para explicar a relação entre o ânion e o cátion e as suas cargas elétricas o professor disse: "Foi explicado que o núcleo do átomo tem uma carga estável e ao átomo entregar elétrons, a carga do núcleo do elemento não é transformada, de modo que a relação entre carga dos núcleos e o número de elétrons explica a carga do ânion e do cátion"

Sobre este assunto o professor diz que, para muitos alunos, não é fácil de entender isso, alguns se esqueceram do que é o núcleo, o próton, a camada de elétrons e, em geral, os alunos que não se lembram desses conceitos têm dificuldade em aprender.

Assim, evidencia-se que a professora concebe os conhecimentos associados ao currículo vertical, atribuindo a necessidade da compreensão destes conceitos serem adquiridos em níveis escolares anteriores, como necessários para o entendimento da formação dos cátions e ânions.

Podemos também reconhecer elementos do currículo horizontal, ao observarmos que na CoRe a professora desenvolve o tema ligação iônica antes do tema de ligação covalente, o que é ratificado pelo relato narrativo seguinte:

RNPAg24: Depois de analisar o conceito de ligação iônica, facilmente se introduz o conceito de ligação covalente. Como o que acontece principalmente entre os elementos químicos que possuem valores semelhantes de eletronegatividade

Esta forma de relacionar os conceitos de eletronegatividade, representações de Lewis, regra do octeto, formação de cátions e ânions, ligação iônica e ligação covalente, caracteriza um modo próprio da professora abordar o tema no tocante à sequência que, para ela, permite uma melhor compreensão dos conceitos. A coerência didática é atribuída à relação entre cada um dos temas e na forma e momento em que são introduzidos.

Em relação com o currículo vertical, além de identificar a relação entre as temáticas abordadas em cada nível escolar o ensino de Química, também se reconhece a relação estabelecida pela professora, entre o conhecimento ensinado nesta disciplina e os conhecimentos de outras áreas. Assim, através do relato da professora do ocorrido ao elaborar uma atividade prática sobre condutividade das substâncias, foi possível evidenciar que a professora aproveita estas situações para relacionar a Química com a física.

RNPAg17: [...] Na realização do experimento algumas substâncias como o açúcar dissolvido em água mostraram condutividade elétrica contrário à hipótese inicial, o que levou à necessidade de confrontar este resultado com outro teste usando água destilada. Esta situação permitiu aos alunos refletir sobre a experiência e discutir por que a água da torneira era eletricamente condutiva. Em seguida, se debateu na sala de aula sobre a condutividade dos minerais dissolvidos em água, também permitiu questionar sobre a condutividade da água e a destilação como um método para purificar a água. Esta experiência permitiu aos alunos refletir a partir da experiência, capturou a atenção de grupos de alunos distraídos e permitiu relacionar com outras temáticas da física, assim como fazer, a diferenciação entre as duas Ciências.

No tocante aos temas nos quais a professora identifica um conhecimento, mas que não desenvolve em seu programa, encontra-se o tema geometria molecular e suas

implicações nas propriedades físicas das substâncias (CRPAg8). A professora menciona também a ligação covalente coordenada, reconhecendo que apresenta dificuldades em sua compreensão, justificando assim o fato de não a abordar durante as aulas.

RNPAg22: A professora disse que é difícil falar da ligação covalente coordenada e dar exemplos, assim, este tema não é abordado. Embora sejam explicadas as ligações covalente simples, dupla e tripla, que acontecem entre não metais distintos.

Embora não se aborde o tema de ligação coordenada, são abordadas outras classificações da ligação covalente, como a simples, dupla ou tripla, a ligação polar e a não polar, que são de interesse no ensino de outros conceitos da Química, como a Química do Carbono.

Segundo Magnusson et al. (1999), uma das fontes principais do conhecimento curricular do professor sobre metas e objetivos, encontra-se nas metas e diretrizes curriculares estabelecidas na legislação educacional de cada região ou país. No caso do presente trabalho, as diretrizes curriculares da Colômbia para o Ensino de Ciências, correspondem principalmente a dois referenciais: as sequências e padrões curriculares para o Ensino de Ciências.

Em relação a este aspecto, é possível identificar nos planos de aula elaborados pela professora Agatha com o grupo colaborativo de professores, que neles são incluídos os padrões curriculares para a área, propostos pelo Ministério de Educação Nacional da Colômbia. No tema ligação química, os padrões selecionados pela professora em seu plano de aula são:

PAPAg2:  
Uso da tabela periódica para determinar as propriedades físicas e Químicas dos elementos.  
Explicar a relação entre a estrutura dos átomos e as ligações que realizam.  
(Fonte: MEN, 2003)

Estes dois padrões são abordados pela professora no planejamento e desenvolvimento de suas aulas em uma estreita relação, como se observa na coerência horizontal que dá ao tema.

Quanto ao conhecimento da professora Agatha sobre materiais curriculares e programas específicos, evidencia-se apenas o conhecimento dos programas e materiais oficiais para o ensino que podem ser relevantes em seu trabalho com os alunos (MAGNUSSON et al., 1999). Através da CoRe, dos relatos narrativos e dos documentos

analisados não se consegue evidenciar um conhecimento específico sobre programas ou projetos na área, encontram-se apenas em seu planejamento evidências da utilização dos Direcionamentos de Padrões Curriculares para o Ensino de Ciências (MEN, 1998) e os Padrões básicos em competências em Ciências naturais (MEN, 2003) como fontes importantes utilizadas pela professora.

### **Que elementos são revelados sobre conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências no PCK da professora Agatha no final do processo formativo?**

No final do processo formativo encontramos importantes diferenças em relação aos conhecimentos e crenças da professora acerca do currículo em relação aos seus conhecimentos e crenças anteriores ao início do processo. A primeira e mais notável diferença está relacionada ao currículo horizontal, pois as temáticas que a professora identifica como ideias principais no desenvolvimento da ligação química aparecem em menor número e se expressam de forma diferente. O Quadro 14 permite comparar as variações entre as ideias centrais sobre o tema ligação química apresentados pela professora no início e final do processo, identificadas através das respectivas CoRe.

#### **Quadro 14.** Comparação entre as ideias centrais na abordagem do tema ligação química antes e após do processo formativo

<b>Ideias centrais a ser ensinadas no tema ligação química no início e final do processo</b>	
<b>CoRe Inicial</b>	<b>CoRe Final</b>
CRPAg10: 1. Eletronegatividade 2. Regra do octeto e fórmulas de Lewis 3. Ânion e cátion 4. Ligação iônica 5. Ligação covalente	CRfPAg5: 1. Por que os átomos se juntam? 2. Quais são as teorias que explicam a união de átomos? Estrutura de Lewis e eletronegatividade 3. Quais são os tipos de ligação química? Ligação iônica, ligação covalente e ligação metálica.

Fonte: Autor

Nesta nova organização, o desenvolvimento do conteúdo ligado à ligação química envolve a procura de respostas às três questões feitas na CoRe final, sendo que a primeira questão está ligada ao conceito de estabilidade, não incluído na CoRe inicial. Isto é evidenciado pelas respostas da professora às questões número um e dois da CoRe final (CRf), mostradas no Quadro 15.

**Quadro 15.** Respostas da questão N° 1 e 2 da CoRe final expressando a primeira ideia central da professora Agatha em sua nova proposta curricular.

	<b>Ideias centrais no tema de ligação química</b>
	Por que os átomos se juntam?
<b>1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?</b>	CRfPAg6: Pretende-se que os estudantes procurem uma explicação hipotética do porquê existe a diversidade de substâncias na natureza, porque se formam, e porque os elementos estão unidos nas substâncias.
<b>2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?</b>	CRfPAg1: Para entender o comportamento das substâncias na natureza. Ou seja, por que existem umas substâncias na natureza e por que outras não existem, em termos da estabilidade das ligações que se formam.

Fonte: Autor.

Pode-se observar que se dá uma maior ênfase na ideia da estabilidade e ela é fundamental na abordagem das ideias seguintes: estrutura de Lewis e eletronegatividade, as quais se desenvolvem sob a questão: - quais são as teorias que explicam a união de átomos?

O conceito de estabilidade, que embora estivesse presente na proposta inicial da professora, estava imerso na temática da regra do octeto. Nesta nova proposta é inserido como a primeira temática a ser abordada, apresentando uma maior relevância dentro das temáticas desenvolvidas, utilizando o tema de configuração eletrônica como base, o que é reconhecido pela professora como pré-requisito para abordar a ligação química. Esta mudança está expressa no texto da CoRe final transcrito a seguir:

CRfPAg8: Primeiro fizemos uma análise do motivo pelo qual os átomos se juntam, e os alunos fizeram uma construção a partir de um texto de como eles pensavam que estão ligados os átomos, sem saber ainda o conceito de ligação química ou o conceito de eletronegatividade, e estrutura de Lewis, mas tendo em conta o tema da configuração eletrônica.

Nesta nova forma de organizar os conteúdos utilizando questões, a professora estabelece relações entre os diferentes conceitos envolvidos em cada questão; isto se evidencia numa das colocações sobre a pergunta dois, transcrita no Quadro 16, quando a professora responde sobre o que considera importante que os alunos aprendam a respeito das ideias de Estrutura de Lewis e eletronegatividade

**Quadro 16.** Resposta da questão N° 6 da CoRe final na qual a professora expressão a segunda ideia central em sua nova proposta de ensino da temática ligação química.

	Quais são as teorias que explicam a união de átomos? Estrutura de Lewis e eletronegatividade
<b>2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?</b>	CRfPAg9: Este tópico pretende que eles possam de alguma forma representar os elétrons da camada de valência, que possam vê-lo graficamente através das estruturas de Lewis é então baseado nesta estrutura de Lewis e os valores de eletronegatividade, encontrar uma razão por que alguns elementos, tem mais facilidade para se ligarem que outros.

Fonte: Autor.

Observa-se também que os temas cátions e ânions foram suprimidos como ideias centrais, temas que na proposta anterior serviam de ponte para abordar a ligação iônica. Nesta nova proposta a ligação iônica é introduzida desde o início, através da diferença entre a eletronegatividade dos elementos que formam a ligação química.

Outro elemento importante que varia, e que está relacionado com o currículo horizontal, é a inclusão da ligação metálica na nova proposta. Esta estava ausente na proposta anterior, ainda que a professora tenha manifestado não ter se aprofundado no tema, como se pode perceber na narrativa extraída da CoRe final:

CRfPAg6: O tema da ligação metálica foi abordado superficialmente, alguns estudantes quando desenvolviam as atividades de modelagem, encontravam que nas fontes de consulta bibliográfica ao modelar a rede cristalina da ligação iônica existia um modelo semelhante para a rede cristalina da ligação metálica. Assim, se explicou que a ligação de metal é um tipo de vínculo que não é identificado através da diferença de eletronegatividade, que os elementos metálicos são ligados, mesmo sem, cumprir a regra do octeto, formando estruturas sólidas muito estáveis e fortes. Nós não aprofundamos muito na ligação metálica porque a ligação iônica e covalente, demandaram muito tempo em sua compreensão e diferenciação através da diferença de eletronegatividade.

É possível que as razões porque a professora Agatha modificou a estrutura curricular proposta possam ser encontradas na entrevista que permitiu dar desenvolvimento à CoRe.

CoRefPAg7: Eu tentei seguir a orientação da unidade de ensino construída pela equipe, especialmente porque foi o produto de uma discussão com vários colegas e chegamos a acordos sobre as decisões de como e qual é a melhor ordem para desenvolver o ensino da temática ligação química. Eu considero que o ponto de vista produto do consenso de várias pessoas para abordar o tema estava certo e foi esse o que eu assumi. Ou seja, eu respeitei a construção do grupo sobre como trabalhar os conteúdos, a razão que eu não sou um especialista em Química e acho que o trabalho do coletivo foi desenvolvido com conhecimento de causa.

Neste ponto se reconhece na professora Agatha uma atitude “aberta” para experimentar a proposta construída pelo grupo colaborativo de professores do qual ela participa. As razões que ela expõe têm relação com sua formação inicial em outra área diferente do ensino de Química, característica que reconhece como uma debilidade e nesse sentido aceita a possibilidade de mudar sua proposta particular produto de sua formação e experiência pela proposta elaborada pelo grupo colaborativo, o que compromete a “autonomia” da professora em sua proposta de ensino, entendida como o poder tomar decisões sobre os problemas e situações profissionais de sua prática (IMBERNON, 1998)

Uma das características que se acentua com os anos de experiência no desenvolvimento profissional do professor é a formação de uma identidade pessoal e profissional a qual, vem acompanhada de uma maior autonomia. No desenvolvimento da autonomia do professor está diretamente implícito o desenvolvimento do conhecimento profissional, aspecto que em concordância com o descrito, encontra-se em processo de desenvolvimento na professora Agatha.

A possibilidade de participar do processo formativo com um grupo de professores com experiência e formação em Química, compartilhando experiências e reflexões em torno do ensino da ligação química através da modelagem e do processo de construção coletiva da unidade didática, possibilitou que a professora Agatha reconhecesse e participasse da construção de novas possibilidades de abordagem curricular dos conteúdos, colocando-as em prática e avaliando os possíveis resultados.

Complementando a identificação dos conhecimentos e crenças sobre o currículo da professora Agatha através das resposta à questão 3 da CoRe final: “O que mais sabe sobre essa ideia?”, são reiteradas temáticas já enunciadas na CoRe inicial, como o tema de geometria molecular e da ligação covalente dativa.

Além disso, relacionam-se outros temas antes não identificados, como as entalpias de formação para explicar o conceito de estabilidade energética nas ligações Químicas. Apesar destas indicações, a professora Agatha aborda o tema da estabilidade a partir da regra do octeto, como evidenciado pelo trecho que segue:

CRfPAg12: Temas como entalpia, energia de formação e até mesmo a geometria e ângulos formados nas ligações, realmente não se abordam, porque é demasiado complexo para explicar e até mesmo para um professor é difícil de entender

Na temática de estrutura de Lewis e regra do octeto a professora Agatha prefere realizar explicações, exemplos e propor exercícios, só utilizando os elementos químicos representativos. Segundo a Professora Agatha, estas decisões se justificam por favorecerem a compreensão dos estudantes, já que os elementos representativos permitem ilustrar melhor o ensinado, e evitam confusões que possam gerar questões que sejam difíceis de serem respondidas e ser compreendidas. Neste sentido se reconhece que a professora Agatha desenvolveu o ensino da ligação química a partir do marco do octeto e evitou aprofundar o assunto utilizando elementos que possam sair deste marco de referência, o que pode evidenciar que a professora pode sentir certa insegurança de explorar outros marcos de referência no ensino da ligação química, como é evidenciado no texto que se segue:

CRfPAg13: No tema de estrutura de Lewis são usados principalmente elementos representativos, e não elementos de transição. Eu utilizo os elementos representativos porque eles me permitem explicar as teorias de forma mais acertada e impede que se gerem questões que não possam ser explicadas. De alguma forma eu sei o que acontece com os elementos de transição, mas não abordar a questão em relação às estruturas ou a forma eletronegatividade, porque requer uma explicação mais complexo de entender.

Os temas entalpia de formação para explicar as variações de energia na ligação química, as exceções à regra de octeto que se apresentam nas substâncias que se formam com os elementos de transição e a geometria das moléculas, são temáticas que precisam avançar muito além da regra do octeto para serem compreendidas, mas também são de significativa importância na compreensão da ligação química. Segundo as narrativas da professora Agatha, pode-se inferir que os principais motivos para que essas temáticas não sejam abordadas deve-se ao pouco domínio conceitual destas temáticas pela professora, somado às complexidades das mesmas. Neste sentido, identificou-se uma necessidade de formação da professora Agatha, e do grupo colaborativo de professores, a fim de permitir a construção de representações do conteúdo úteis para o ensino da ligação química, a partir de marcos de referência além da regra do octeto e das estruturas de Lewis.

Finalmente, citamos uma das reflexões da professora sobre as suas percepções ao desenvolver a proposta construída em conjunto com o grupo de professores, expressa na entrevista do levantamento da CoRe final.

CRfPAg10: Em relação à proposta desenvolvida este ano, eu acho que o trabalho realizado organiza e melhora a sequência de conteúdos que se devem abordar e planejar.

Esta expressão permite reconhecer que no componente de conhecimentos e crenças sobre o currículo, no tocante ao conhecimento de metas e objetivos observou-se um desenvolvimento significativo, motivado em especial pela construção coletiva com o grupo de professores de Química, e que é significativo no desenvolvimento profissional da professora Agatha.

#### **4.1.3. Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências. Que conhecimentos sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências se revelam no PCK da professora Agatha no começo do processo formativo?**

Este componente corresponde ao conhecimento da professora Agatha sobre os estudantes, para ajudá-los a desenvolverem seus conhecimentos sobre a ligação química, o que inclui o conhecimento dos requisitos para a aprendizagem e das dificuldades na compreensão da ligação química. (MAGNUSSON et al, 1999).

As principais dificuldades que a professora identificou no desenvolvimento da temática ligação química, encontram-se relacionadas à ideia de eletronegatividade:

CRiPAg6: Apresentam-se dificuldades em compreender as variações nos valores para cada elemento da tabela de acordo com a sua posição nela.

A esta dificuldade a professora associou o conhecimento da organização periódica dos elementos químicos, como pré-requisito para a compreensão da eletronegatividade, como se reconhece na seguinte narrativa:

RNPAg2: Neste nível de ensino alguns estudantes não diferenciam os elementos da TP mas diferenciam grupos e a sua localização na tabela, o que é utilizado para reconhecer tendências nas propriedades dos elementos de acordo com a sua localização na tabela periódica

Também foi mencionado pela professora a importância de que o estudante relacione a posição dos elementos na tabela periódica com as propriedades e o comportamento de substâncias que o estudante reconhece em seu cotidiano (questão 5 da CoRe inicial).

CRiPAg7: Conhecimentos sobre tabela periódica, símbolos dos elementos, comportamento do elemento a partir de suas características. O identificar as qualidades e comportamento de substâncias ou materiais da vida cotidiana a partir da informação da tabela periódica. A compreensão do conceito de átomo e sua estrutura, e os modelos do átomo.

Em correspondência a essas ideias, a professora elaborou e propôs exercícios em aula utilizando os elementos representativos, com os quais, a seu critério, os estudantes apresentam maior familiaridade, como expresso no texto

RNPAg7: Procurou-se a partir de perguntas na aula relacionar diferentes aspectos, tais como representações de Lewis, localização do elemento na tabela periódica, número de elétrons e eletronegatividade. Este exercício é particularmente realizado com os elementos representativos, com os quais os alunos têm maior conhecimento e familiaridade.

Outras dificuldades mencionadas pela professora são:

CRiPAg6: A utilização do conceito de orbital e de spin para argumentar sobre a estabilidade de um elemento em conformidade com a regra do octeto. O uso das representações de Lewis na ligação química e atribuição de determinado número de elétrons em torno do símbolo do elemento. A diferenciação do tipo de carga de cátions e ânions e seu comportamento.

Para a professora Agatha, estas dificuldades estão associadas com a compreensão dos modelos do átomo e sua estrutura. Este aspecto é fundamental na compreensão do conceito de orbital, configuração espacial e representações de Lewis, os quais necessitam de conhecimentos do modelo quântico do átomo (CRiPAg7) e da compreensão de como se formam os cátions e ânions, sobre os quais a professora manifestou as seguintes ideias:

RNPAg13: Para muitos estudantes não é fácil de entender isso, alguns se esqueceram de que é o núcleo, o próton, elétron, camada de valência e, geralmente, os alunos que não se lembram desses conceitos têm dificuldade em se apropriar disso, é comum que alguns alunos confundam o átomo com a célula quando se fala do núcleo.

Também foram mencionadas pela professora Agatha na sua CoRe inicial as dificuldades dos estudantes na compreensão de alguns conhecimentos, tais como:

CRiPAg6: Os tipos de substâncias que se produzem em diferentes tipos de ligações. A ligação covalente por compartilhamento de elétrons. Como o tipo de ligação incide nas propriedades das substâncias que se formam.

Ligado a estas dificuldades, identificadas através da CoRe inicial, a professora manifestou que, para o estudante, é confuso entender como uma molécula pode apresentar mais de um tipo de ligação.

RNPAg18: Analisando a diferença nas eletronegatividades dos elementos que compõem a molécula de bicarbonato de sódio verificou-se que em um lado da molécula tem uma ligação iônica e, em seguida, no outro lado da molécula

apresenta-se ligação covalente... para o estudante fica confuso como uma mesma molécula pode ter mais do que um tipo de ligação...

Neste sentido, se identificam também dificuldades conceituais da professora Agatha ao considerar o bicarbonato como uma “molécula”, e não como um composto iónico formado entre o cátion sódio e o ânion molecular bicarbonato. Assim, muitas das dificuldades que se reconhecem nos estudantes são dificuldades apresentadas pelo professor, transmitidas e perpetuadas através do processo de ensino.

Além disto, a professora manifesta a dificuldade no uso da terminologia; assim, a palavra “dissociar”, que é utilizada para explicar o comportamento dos íons em solução, é entendida pelos estudantes como “separar”, como se evidencia na seguinte narrativa da professora:

RNPAg20: Se pergunta o que acontece com bicarbonato quando está dissolvido em água, que lhe permite conduzir a eletricidade. Ao falar da dissociação do bicarbonato na água [...] Entende-se dissociar como mudar, não como separar, o conceito é difícil de entender para os estudantes.

Finalmente a professora Agatha identificou outros fatores importantes, que influenciam o ensino da ligação química. Entre eles, habilidades como a observação, a elaboração de hipóteses, o domínio de linguagem das Ciências, a elaboração de experimentos e a emissão de conclusões derivadas dos experimentos (Quadro 17).

**Quadro 17.** Respostas da professora Agatha à questão N° 6 da CoRe inicial.

<b>6. Que outros fatores influenciam o seu ensinamento dessa ideia?</b>				
Eletronegatividade	Regra do octeto e símbolos de Lewis	Ânion e cátion	Ligação iônica	Ligação covalente
CRiPAg9: Domínio da matemática básica, capacidade de observação e elaboração de hipótese, domínio da linguagem científica e técnica, disposição para entender e compreender a temática. Habilidade para elaborar experimentos que permitam tirar conclusões do tema e de aceitar ou refutar teorias.				

Fonte: Autor.

Estes aspectos conceituais e procedimentais que são próprios da abordagem do ensino das Ciências com um foco experimental e investigativo, foram considerados importantes pela professora, que pontua que o uso destas atividades incide positivamente na compreensão da ligação química. Cumpre destacar que, embora a professora considere essas atividades como importantes, na proposta inicial apresentada na CoRe não foram

identificados o desenvolvimento de atividades experimentais com foco investigativo com os estudantes, que permitissem o desenvolvimento destas habilidades.

**Que conhecimentos sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências são revelados no PCK da professora Agatha no desenvolvimento do processo formativo?**

No desenvolvimento do processo formativo a professora teve a oportunidade de refletir junto ao grupo focal de trabalho, sobre as diferentes temáticas relacionadas ao ensino da ligação química, a partir da perspectiva da modelagem como estratégia didática.

Numa das primeiras sessões discutiu-se a utilização de modelos e modelagem em Ensino de Ciências e se questionou a professora sobre que dificuldades encontrava no processo de modelagem em sala de aula.

RNPAg12: No processo de modelagem em sala de aula podemos encontrar dificuldades como o fato que os estudantes podem ter muitos modelos proposicionais desconexos e em outras ocasiões incorretos; além disto, para desenvolver um processo construtivo e orientar este processo se precisa maior tempo para desenvolver as atividades de ensino e um número menor de estudantes em sala de aula, o processo vai depender das habilidades e atitudes do grupo para desenvolver o processo cognitivo.

Através desta reflexão se revela que a professora começa a integrar em seu discurso os marcos de referência abordados na sessão, onde foram apresentados os fundamentos teóricos da modelagem, como são os modelos cognitivo de Ciências e a visão de aprendizagem como construção e desenvolvimento de modelos mentais. Nesta perspectiva a professora identifica como dificuldade a presença em sala de aula de estudantes com diversos modelos ainda incompletos, que não lhe permitiriam integrar os novos conhecimentos aos modelos existentes em sua estrutura cognitiva.

Ligado ao que foi dito anteriormente, a professora reflete que as estratégias de modelagem na sala de aula implicam num processo construtivo que precisa de um maior tempo e acompanhamento aos estudantes, pelo que se faz necessário um número menor de estudantes em sala de aula e um maior tempo para o desenvolvimento das atividades de ensino e aprendizagem.

Em outra das sessões do grupo focal, na qual foi discutido o artigo “Concepções dos estudantes sobre a Ligação química” (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006), foram destacadas algumas narrativas importantes da professora em relação às dificuldades

reconhecidas no ensino da ligação química, consistentes com as identificadas nos relatos orais em sua CoRe inicial.

RNPAg15: Os estudantes apresentam dificuldade em entender conceitos fundamentais e necessários na compreensão da ligação química, tais como: valência, regra do octeto, eletronegatividade e distribuição dos elementos na tabela periódica; o que foi dito anteriormente torna difícil [para o estudante] compreender aspectos mais complexos da ligação química, como o papel da eletronegatividade, explicar como se unem os átomos, a transferência e compartilhamento de elétrons e a relação com a tabela periódica.

Assim, ratifica-se a importância de conhecer os conceitos prévios de valência, configuração eletrônica e das informações presentes na tabela periódica, para a abordagem de conceitos mais complexos relacionados com a ligação química. Para a professora, as maiores dificuldades no entendimento da ligação química estão precisamente na falta de compreensão destes requisitos.

RNPAg5: Os estudantes conseguem fazer hipóteses de possíveis ligações quando tem entendido o conceito de valência, configuração eletrônica e da informação da tabela periódica sobre quais átomos podem se ligar... se eles não entendem é difícil que, ao explicar a ideia de ligação iônica ou covalente, eles compreendam.

O trabalho desta sessão levou a informação relevante para a análise didática do ensino da ligação química, que fundamenta a unidade didática elaborada pelo grupo focal (Anexo 2).

### **Que conhecimentos sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências se revelam no PCK da professora Agatha no final do processo formativo?**

O conhecimento relacionado à compreensão dos estudantes sobre as Ciências evidencia-se ao final do processo, na unidade didática construída pelo grupo de professores e na CoRe final da professora Agatha. A interação entre estes dois elementos permitiu identificar avanços no PCK ao longo do processo.

Em relação à unidade didática construída, um dos pontos principais corresponde à análise didática, que compreende o reconhecimento das ideias prévias dos estudantes em torno do conceito da ligação química, a exigência cognitiva dos conteúdos propostos e as implicações no processo de ensino.

Em relação às ideias dos estudantes sobre o conceito de ligação química o grupo focal elaborou um resumo dos pontos apresentados no artigo estudado “Concepções dos

estudantes sobre a Ligação química” (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006). Pode-se considerar que a inclusão destas concepções é um avanço na proposta do grupo de professores, já que estão reconhecendo os aportes da pesquisa em Ensino de Ciências para a elaboração da proposta didática, um dos objetivos fundamentais do processo de formação.

Além disso, os professores refletiram sobre as implicações do conhecimento destas ideias para o ensino. Para eles,

UDGF1: A ligação química é uma temática que apresenta dificuldade para os alunos, para a sua compreensão devem ficar claros temas de configuração eletrônica, propriedades periódicas, especialmente eletronegatividade, estrutura atômica e modelos atômicos. Os estudantes neste nível de ensino só têm uma compreensão parcial do modelo de Bohr e da noção de orbital e de espaço probabilístico.

Nesta afirmação foram reiterados os requisitos já identificados pela professora Agatha para o ensino da ligação química no início, desenvolvimento e final do processo, do qual ressaltamos a seguinte narrativa de sua CoRe final:

CRfPAg14: A dificuldade é a compreensão da estrutura do átomo e a configuração eletrônica. Além disso, quando se trata da nuvem de elétrons e elétrons de valência, é muito difícil compreender que há uma nuvem de elétrons de um elemento e outro interagindo, ainda não chegam a compreender o que são elétrons da última camada e porque estes são aqueles que fazem a troca, o porquê da configuração eletrônica, além estabelecer a relação entre a localização da tabela periódica e os elétrons no último nível.

Através da análise didática, os professores reconhecem o nível da abstração e a complexidade dos conceitos associados à ligação química, e justificam sua proposta didática centrada no marco da regra do octeto, conforme a seguinte citação:

UDGF2: Dado o nível de complexidade envolvida na compreensão deste conceito e seu desenvolvimento, o marco de referência a partir do qual tem se explicado é a estrutura de Lewis e a regra do octeto. Sendo cientes das limitações deste marco, acreditamos que continua sendo importante, enquanto avançar em explicações mais complexas como a teoria do orbital molecular envolveria conhecimentos mais avançados, que os alunos não possuem e que seria difícil de conseguir no curto tempo que temos.

Ainda que restringir o ensino da ligação química à utilização da regra do octeto tenha sido um dos elementos de discussão no processo formativo, os professores justificam as possibilidades da regra do octeto ao permitir discutir a estabilidade energética, estudando o caso dos gases nobres, e complementam propondo estudar

algumas estruturas Químicas que evidenciam as limitações desta regra, como mostrado a seguir:

UDGF3: A formação de octeto permite discutir a questão da estabilidade da energia presente nos gases nobres, que é a base para explicar a estabilidade na formação de ligações. Torna-se importante também ensinar as limitações da regra do octeto para explicar algumas estruturas Químicas que podem servir para discutir explicações alternativas à regra do octeto e deixar claro que só explica alguns casos, e que existem outras explicações para a ligação química.

Estas noções do grupo de professores evidenciam concepções transmitidas durante seu processo de formação que se perpetuam em sua prática de ensino, nas quais se atribui de forma errada a estabilidade das ligações Química com a formação do octeto.

Através da CoRe final, a professora Agatha reiterou algumas das dificuldades já evidenciadas na CoRe inicial e relacionou outras não antes mencionadas, como é indicado pelos textos

CRfPAg17: Dificuldades na elaboração das representações de Lewis.  
Dificuldades na identificação do número de elétrons na camada de valência.

CRfPAg21: Dificuldade para definir o tipo de ligação a partir da diferença de eletronegatividade

Além destas dificuldades conceituais apresentadas pelos alunos na aprendizagem de ligação química, a professora Agatha relatou a identificação de novas habilidades procedimentais, que seriam requisitos para a aprendizagem dos estudantes, e cujas ausências representariam dificuldades para a aprendizagem sobre a temática ligação química, como é visto nos seguintes textos

CRfPAg16: Dificuldades na compreensão leitora.

CRfPAg19: Dificuldades em compreender noções de quantidade e escala numérica.

CRfPAg20: Dificuldade para trabalhar em equipe.

CRfPAg23: Capacidade de procurar informação em diferentes fontes.

Possivelmente a identificação destas habilidades como requisitos para a compreensão dos estudantes tiveram sua origem nas mudanças que apresentou a professora Agatha em sua proposta didática. A proposta desenvolvida depois do processo formativo é caracterizada pelo trabalho em equipe, a observação, a experimentação, a procura de informação em diferentes fontes, a leitura e a análise da informação, entre outros. Estas habilidades são próprias do Ensino de Ciências com

uma orientação construtivista, como a proposta utilizando atividades de modelagem na sala de aula.

#### **4.1.4 Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.**

##### **Que elementos se revelam sobre a avaliação em Ensino de Ciências no PCK da professora Agatha no começo e desenvolvimento do processo formativo?**

Com base na perspectiva de Magnusson et al. (1999), a componente avaliação está conformada por duas categorias: conhecimento das dimensões da aprendizagem das Ciências que são importantes de avaliar, e conhecimento dos métodos pelos quais a aprendizagem pode ser avaliada.

Em relação a este componente a professora Agatha revela em suas respostas à CoRe inicial que a avaliação é desenvolvida tanto no decorrer do processo de ensino-aprendizagem como no seu final. No decorrer do processo, a avaliação materializa-se em diferentes atividades próprias da atividade didática desenvolvida em aula, como se identifica no seguinte relato da CoRe inicial:

CRiPAg10: Se propõem exercícios semelhantes aos abordados na aula e nas tarefas de consulta para casa. Em alguns casos se colocam exercícios individuais e os alunos que conseguem fazer explicam aos seus companheiros de aula o exercício. Se elaboram modelos no caderno ou em folhas de papel para entender os conceitos. Às vezes testes individuais são executados; também pode-se propor exercícios em pares ou grupos de estudantes nos quais se demonstre um avanço na compreensão dos conceitos.

Este aspecto é confirmado nos relatos narrativos do professor sobre suas aulas, nos quais se observa uma clara relação da avaliação em função da atividade desenvolvida em sala de aula. Por exemplo, na atividade para o ensino do tema eletronegatividade a professora propõe como atividade a identificação num pôster da tabela periódica dos valores de eletronegatividade de alguns elementos químicos e de como estes valores variam de acordo com a posição na tabela periódica. As atividades de avaliação correspondem a exercícios semelhantes com diferentes elementos da tabela periódica

RNPAG3: [...] Além disso, identificou-se os valores de eletronegatividade de alguns elementos representativos num pôster da tabela periódica e se realizaram exercícios de localização dos elementos da tabela periódica, identificação, a comparação e o registro do seu valor de eletronegatividade.

RNPAg4: A avaliação desta classe foi, então, a capacidade do aluno para identificar a eletronegatividade de um elemento na tabela periódica e compará-lo com outro elemento.

Além da avaliação ao longo do processo, a professora Agatha planejou com o coletivo dos professores um teste a ser aplicado ao final do desenvolvimento do tema (Anexo 4). Esta avaliação caracterizou-se por focalizar o aspecto conceitual, apresentando um formato de questões de múltipla escolha com uma única resposta correta, semelhantes às utilizadas nas provas externas aplicadas pelo Estado na avaliação nacional dos alunos. O teste aplicado avalia, principalmente, aspectos da compreensão do conceito em relação com as temáticas ensinadas pela professora, como são o uso das estruturas de Lewis ou a classificação da ligação química utilizando os valores de eletronegatividade.

Em um estudo sobre as concepções dos professores sobre a avaliação no Ensino de Ciências Alonso, Gil e Martinez (1999) identificam que na maioria dos casos persiste nos professores uma concepção sobre a avaliação associada ao ensino por transmissão de conteúdo, na qual o que importa é avaliar se o conteúdo foi transmitido da maneira mais precisa. A orientação que fundamenta esta dinâmica se caracteriza por "medir" a aprendizagem do aluno acumulando resultados parciais relacionadas com o grau de aquisição de alguns objetivos que são avaliadas em cada teste. A avaliação é considerada externa, ou fora do processo de ensino-aprendizagem.

Na análise dos conhecimentos e práticas avaliativas da professora Agatha, no começo do processo formativo identifica-se uma concepção de avaliação com elementos relacionados a esta perspectiva ligada ao enfoque tradicional por transmissão de conteúdo. Contudo, ainda com um enfoque tradicional, existe uma relação coerente entre as estratégias de ensino utilizadas, os objetivos de aprendizagem propostos para o aluno e os métodos de avaliação utilizados.

### **Que elementos se revelam sobre a avaliação em Ensino de Ciências no PCK da professora Agatha, no desenvolvimento e final do processo formativo?**

Através da CoRe elaborada ao final do processo pode-se reconhecer uma tendência similar à observada na CoRe inicial, no tocante à uma visão da avaliação em relação com as diferentes atividades realizadas durante o processo de ensino e o uso de diferentes métodos de avaliação.

Como processo, a avaliação é realizada em relação com as atividades de ensino, em direta correspondência com as atividades programadas. No quadro 18, são identificados os diferentes métodos de avaliação apontados pela professora Agatha, em função da atividade realizada.

**Quadro 18.** Métodos de avaliação da professora Agatha em função da atividade realizada.

<b>Atividade proposta</b>	<b>Atividade de avaliação</b>	<b>Tipo de avaliação</b>
Vídeo	Elaboração de escrito a partir de perguntas.	Individual e em grupo
Modelagem	Elaboração do modelo Construção de estruturas no caderno Trabalho em equipe Participação em aula dos estudantes Exposição de modelos	Individual e em grupo
	Trabalho em equipe Participação em aula dos estudantes	Individual e em grupo
Atividade experimental	Tomada de dados de observação Apresentação de informe da prática Elaboração de questões	Individual e em grupo
	Prova final	Individual

Fonte: CoRe final.

No quadro pode-se reconhecer que em uma mesma atividade foram utilizadas diferentes formas de avaliação; por exemplo, na atividade experimental a professora avaliou a tomada de dados durante a observação através do registro numa tabela; elaborou perguntas orais aos estudantes, o que permitiu avaliar a participação em aula; e solicitou entrega de um informe final por escrito. A maior parte dos trabalhos foram realizados em equipe, o que permite avaliar o trabalho coletivo. Entretanto, algumas das estratégias como a participação oral e a elaboração de questões permitem uma avaliação individual.

CRfPAg27: A avaliação da prática foi que eles poderiam capturar dados de observação, e passaram os dados a uma tabela de registo, e responderam às perguntas que foram baseadas na atividade prática, para ver se eles conseguem responder a perguntas depois da prática realizada. A Observação de aula ao socializar as respostas para as perguntas permitiu avaliar a participação da classe e que as respostas foram confrontadas, assim com as contribuições de todos as ideias dos estudantes foram melhorando. Finalmente se entregou um relatório no computador com perguntas específicas que foram feitas sobre a estrutura molecular de substâncias conhecidas em aula.

Como aspecto que pode ser relacionado ao desenvolvimento do processo formativo, pode-se identificar que a professora desenvolveu atividades de utilização de modelos, as

quais foram aproveitadas para avaliar os conhecimentos dos alunos, como se identifica na seguinte narrativa:

CRfPAg25: As modelagens em cartões das estruturas de Lewis foram realizadas em grupo, mas cada aluno teve que construir estruturas, em seu caderno, que atendam a regra do octeto. Na modelagem que foi feita com as figuras de isopor, se suscita preocupação nos estudantes sobre como representam nos modelos a regra do octeto, por exemplo, deviam representar a estrutura de cristal de cloreto de sódio e explicar no modelo de estrutura cristalina a ligação entre o sódio e o cloro. Como nas exposições todos os membros do grupo devem participar de alguma forma, eu poderia avaliar como os estudantes usaram os conhecimentos já desenvolvidos durante o curso e qual foi a contribuição de seu conhecimento ao grupo.

Um aspecto interessante é que a avaliação não ficou restrita aos aspectos conceituais; as atividades realizadas no desenvolvimento desta unidade permitiram que a professora Agatha avaliasse outras dimensões da aprendizagem, como a motivação, a participação em aula e o trabalho em equipe.

CRfPAg26: Com toda a diversidade de atividades, os estudantes foram incentivados. Muitos estudantes que não participaram antes nas aulas, começaram a fazer contribuições interessantes, a partir de suas notas e tarefas apresentadas em sala de aula. É também uma vantagem que tenham trabalhado em equipe, embora alguns acham que é difícil, para outros o trabalho é gratificante porque ajuda a refinar alguns conceitos, como ele deve ser uma produção coletiva, fazem um esforço para aprender sobre o que estão fazendo, uma vez que na sala de aula há um alto nível de individualidade.

Finalmente realizou-se uma avaliação escrita final, sob a forma de teste de opção múltipla com uma única resposta correta. Esta prova foi desenvolvida pelo coletivo de professores para ser aplicada a todos os estudantes que cursam este nível. A respeito do avaliado na prova, a professora manifesta:

CRfPAg28: O exame final que tem como objetivo de reconhecer sim se compreendeu a ligação iônica, ligação covalente e a metálica de acordo com a condução de eletricidade. Na prova também se pergunta sobre a regra do octeto o que faz na formação da ligação, a estrutura de Lewis e a eletronegatividade o quão importante é para a formação de uma ligação entre um elemento com outro.

Ao contrastar o analisado na CoRe inicial com o analisado na CoRe final pode-se reconhecer que, no final do processo formativo, a professora apresenta um maior repertório de atividades avaliativas e dá uma maior ênfase a outras dimensões da aprendizagem a serem avaliadas, além da cognitiva.

O processo formativo focalizado na modelagem permitiu à professora aumentar seu repertório de atividades avaliativas, já que a estratégia de modelagem implicou na inclusão de atividades de tipo experimental, que permitiram a observação de fenômenos, aspecto não incluído na proposta inicial. Isto possibilitou novas dimensões do conhecimento a serem avaliadas, como a tomada de dados, a apresentação de informes, o trabalho em equipe, entre outros possíveis.

A aproximação da professora a uso da modelagem como estratégia didática de ensino possibilitou a avaliação do processo de aprendizagem do estudante através da elaboração e uso dos modelos para fornecer explicações válidas para os fenômenos estudados; este elemento também se observa como novo em sua proposta.

Concluindo, a diversidade de atividades que a professora realizou em sala de aula, como leituras, elaboração de tarefas, atividades práticas, construção de modelos e testes, entre outros, permitiu evidenciar um desenvolvimento do conhecimento da professora Agatha no tocante a métodos e estratégias de avaliação. Além disso, permitiu identificar o reconhecimento de diferentes dimensões da aprendizagem a serem avaliadas, uma vez que não se restringe a avaliação só ao aspecto cognitivo relacionado com a compreensão do conceito, mas através das atividades que avaliam outros aspectos importantes da aprendizagem das Ciências, como o desenvolvimento de experiências práticas, a construção de modelos, a capacidade de argumentação, o trabalho em equipe, entre outras, e aspectos atitudinais como o comportamento, responsabilidade, atitude e disposição para a aprendizagem, etc. O anterior se reconhece nas narrativas da professora Agatha

#### *4.1.4. Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências.*

### **Que elementos se revelam sobre estratégias de ensino no Ensino de Ciências no PCK da professora Agatha no começo do processo formativo?**

Para Magnusson et al. (1999) este componente do PCK se traduz em duas categorias: conhecimento das estratégias gerais para o Ensino de Ciências e conhecimento de estratégias específicas para o ensino sobre um tópico das Ciências.

No tocante às estratégias gerais utilizadas na análise dos planos de aula seguidos pela professora Agatha, identifica-se uma sequência com quatro tipos de atividades: i) atividades de exploração, que se caracterizam pelo reconhecimento dos saberes prévios do estudante; ii) atividades de formalização, que têm como propósito a conceptualização

com o estudante; iii) atividades de execução, nas quais se procura a aplicação do conhecimento, e iv) atividades de avaliação, nas quais se faz acompanhamento da aprendizagem do estudante. O seguimento desta sequência em relação com os tipos de atividades é preestabelecido pela escola através do formato de plano de aula.

Levando em consideração os tipos de atividades propostas nos planos de aula, reconhece-se nesta classificação das atividades uma intenção da escola que a propõe e adota em orientar o ensino e aprendizagem num modelo construtivista. No contexto do Ensino de Ciências, considera-se que os conhecimentos são uma construção pessoal o aluno adquire espontaneamente seus próprios conceitos dos fenômenos naturais que se lhe apresentam, sobre os quais trazem conceitos prévios à sala de aula, que devem ser explorados e analisados (DRIVER, 1988).

Na sequência didática, apresentada nos planos de aula da professora, propõe-se no começo das aulas o reconhecimento dos saberes prévios do estudante, para depois dar seguimento a outros tipos de atividades que permitam a conceptualização, aplicação e apropriação do conhecimento por parte do estudante. Os planos de aula seguidos pela professora no começo do processo formativo podem ser consultados no Anexo 5.

Os planos de aula são a proposta de referência da professora, para sua atuação em sala de aula. Contudo, identificar de forma mais completa sobre o PCK da professora Agatha no tocante às estratégias gerais para o Ensino de Ciências, é necessário apelar ao conhecimento e a prática da professora em sala de aula. Esta pode ser identificada nas narrativas presentes em sua CoRe inicial. Neste instrumento, pode-se identificar que a professora Agatha desenvolve sua atuação na sala de aula em um processo que passa por uma fase de indagação e explicação do tema em forma oral, muitas vezes incentivando os alunos através de perguntas, apresentando vídeos, representando no quadro, utilizando pôsteres e modelos, com uma grande preocupação para que o explicado seja compreensível e propiciando que o aluno elabore perguntas sobre o tema. Um exemplo deste tipo de atividade se apresenta na seguinte narrativa:

CRiPAg4: [...] faz-se a observação da mudança de valores que apresenta uma sequência de elementos que pertencem a um mesmo grupo na tabela periódica, se apresenta um vídeo da temática e se fazem exercícios onde o estudante deve identificar os valores que pode tomar um elemento em concordância com o grupo do qual faz parte na tabela periódica.

Posteriormente se apresenta uma fase caracterizada pela elaboração de exercícios práticos onde se aplica o conhecimento abordado em classe, os quais podem estar relacionados com as atividades de construção de modelos, descrito no trecho

CRiPAg4: Fazem-se exercícios para identificar os elétrons de valência e representar graficamente em estrutura de Lewis. Fazem-se atividades de elaboração de modelos em poliestireno e / ou argila para compreender a regra do octeto.

Esta tendência foi confirmada nos relatos narrativos de suas aulas onde se expõe com maior clareza esta orientação

RNPAG3: Respeito ao desenvolvido na classe, a professora disse que foram trabalhados os valores de eletronegatividade, se assistiu um vídeo que falou da tabela periódica a organização de elementos e algumas das propriedades periódicas que podem ser reconhecidos na tabela periódica, em particular, os valores de eletronegatividade. Com o vídeo foi dada a oportunidade de fazer perguntas que estão focados para o tema da eletronegatividade. Para desenvolver e fornecer soluções para as questões, utilizou-se uma folha da tabela periódica e se motivou a participação dos alunos sobre o que observaram e lembraram do vídeo. Algumas das perguntas foram:

O que é eletronegatividade?  
Como muda a eletronegatividade na tabela periódica?  
Qual é o elemento mais eletronegativo?  
Entre dois elementos do mesmo grupo, qual é o mais eletronegativo?  
Entre dois elementos do mesmo período qual tem maior eletronegatividade?

Também se identificou os valores de eletronegatividade de alguns elementos representativos e se desenvolveram exercícios de localização dos elementos da tabela periódica, identificação, comparação e registro de seu valor de eletronegatividade.

O texto anterior revela o conhecimento da professora Agatha sobre estratégias gerais que se refletem em atividades que procuram apresentar o conhecimento com a maior clareza e diversidade possível, além de atividades que permitam a aplicação deste conhecimento em exercícios, os quais são utilizados para reconhecer a aprendizagem dos estudantes.

No tocante às estratégias específicas para o ensino da ligação química, Magnusson et al. (1999) diferenciam entre dois tipos de estratégias específicas: Representações e Atividades. Em relação a esta classificação identifica-se nas narrativas da professora Agatha o conhecimento e desenvolvimento de atividades, que visam construir com os alunos representações da ligação química, a partir da construção e uso de modelos.

A construção e uso de modelos cumpre, para a professora, dois propósitos principais: explicar a temática de uma forma que seja visível para o aluno e avaliar o conhecimento do estudante, como se pode reconhecer no seguinte relato de CoRe e se confirma nos relatos narrativos.

CRiPAg3: Com a elaboração dos modelos em poliestireno e o domínio dos conceitos de eletronegatividade e estrutura de Lewis, se representa e identifica os elementos que se podem comportar como cátions e ânions.

RNPAg10: Para desenvolver este tema, foi proposto a elaboração de modelos que representaram os elementos químicos e seus elétrons de valência utilizando materiais como papelão, argila, varas, isopor. Foi feita a representação de um elemento para cada grupo da tabela periódica com sua valência. Essa modelagem é feita procurando que os alunos encontrassem uma relação entre o grupo e os elétrons do último nível de energia para trabalhar a partir daí a regra do octeto. Logo os estudantes explicaram individualmente os modelos.

Como se reconhece na narrativa acima, a professora Agatha faz referência à construção e uso de modelos para ensinar a regra do octeto e representações de Lewis, desenvolvendo uma atividade na qual os estudantes, com diferentes materiais, constroem uma representação do átomo de algum elemento químico, na qual se identificam os elétrons de valência. Este modelo é utilizado pela professora para ensinar a formação de íons e a regra do octeto, além de servir para avaliar a aprendizagem dos estudantes.

Pode-se relacionar a construção e uso de modelos como uma estratégia específica do ensino da ligação química, utilizada pela professora como um modo de representar os conceitos e fazê-los mais visíveis para os estudantes. A modelagem é entendida como uma estratégia específica que tem o sentido de recriar o conhecimento que se deseja ensinar, a partir da representação física dos conceitos.

Esta característica do conhecimento da professora Agatha sobre os modelos e a modelagem pode ser analisada com mais detalhes através do questionário diagnóstico que foi aplicado previamente ao processo formativo.

Ao se indagar à professora sobre a elaboração de atividades de criação de modelos com seus alunos, e que atividades desenvolvia, a professora Agatha manifesta:

QDPAg7: Sim, elaboro; algumas vezes eles observam imagens e as reproduzem com os elementos que tenham a seu alcance. Em outras ocasiões eu levo imagens, elementos em branco ou figuras pré-desenhadas para exemplificar e ajudar a entender melhor os conceitos

A visão da modelagem expressa pela professora Agatha é muito limitada se analisada em relação à perspectiva da modelagem proposta por Justi (2006) na qual a modelagem é um dos aspectos fundamentais da Ciência para quem

[...] a Ciência é um processo de construção de modelos com diferentes capacidades de previsão, esta definição permite ligar os processos e produtos da Ciência, entendendo por processo a elaboração e utilização de modelos como ferramentas de pensamento científico, e como produtos os modelos gerados por esses processos da Ciência (JUSTI, 2006, p. 176).

No Ensino de Ciências, Justi (2006) concebe a modelagem como: “um processo que ocorre quando os alunos aprendem a dar sentido aos fatos que observam, construindo relações e explicações cada vez mais complexas” (JUSTI, 2006, p. 178), o que implica no desenvolvimento de processos próprios da atividade científica no contexto da escola, como a observação de fenômenos, a indagação, a experimentação, a elaboração de hipóteses, construção de modelos, a comprovação, a argumentação, e a construção coletiva do conhecimento.

Na visão sobre modelagem da professora Agatha, não se relaciona a modelagem com o estudo dos fenômenos ou situações, numa estratégia que permita a construção de representações sobre estes fenômenos e a construção de explicações possíveis de serem colocadas à prova e utilizadas na argumentação para a construção coletiva do conhecimento.

Através deste questionário é também possível verificar que a professora Agatha relaciona o termo modelo na Ciência como uma entidade que representa fisicamente um conceito:

QDPAg5: um modelo é uma entidade que me representa fisicamente um conceito que eu já conheço, ou que desejo conhecer, ou compreender melhor.

Estas características atribuídas aos modelos pela professora Agatha, na qual os modelos são representações física, se reconhece quando se pergunta sobre o que a professora entende por modelos mentais e sua relação com os modelos das Ciências e os modelos que ensina nas aulas de Ciências encontra-se

QDPAg8: Acredito que os modelos científicos são uma recriação material dos modelos mentais de umas pessoas, que conseguiram na prática validar estes modelos.

Nesta resposta a professora Agatha relaciona o modelo científico com uma representação material que se diferencia dos modelos mentais por passar por um processo de materialização, prática e validação e também não diferencia os modelos científicos dos modelos ensinados em aula. Nersessian (1992) considera modelos mentais como níveis intermediários de análise entre o fenômeno o modelo conceitual resultante. Em geral, os modelos conceituais são representações precisas, completa e consistente com o conhecimento científico compartilhada criados com o fim de facilitar o entendimento ou o ensino das coisas.

Nesse sentido os modelos científicos não podem ser considerados só como físicos ou materiais, segundo Giere (1999)

Os modelos na Ciência são entidades fundamentalmente representacionais, que os cientistas utilizam para representar aspectos do mundo. O que inclui modelos físicos, mas principalmente modelos teóricos. Estes são objetos abstratos, entidades imaginárias cuja estrutura pode ou não ser semelhante a aspectos dos objetos e processos no mundo real (GIERE, 1999, p. 5).

Justi (2006), reconhece e integra a perspectiva de diferentes autores e proporciona uma visão ampliada sobre o que é um modelo na Ciência. Segundo Justi (2006),

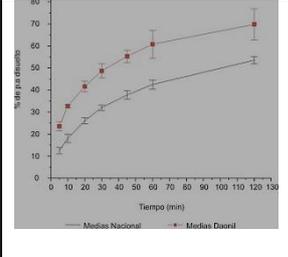
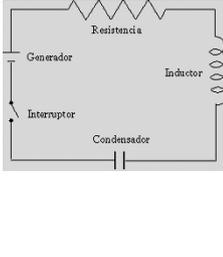
No contexto da construção e utilização do conhecimento científico, os modelos são representações mentais através das quais os cientistas raciocinam (CLEMENT, 1989; GIERE, 1999; GILBERT, 1993; NERSESSIAN, 1999); reconhece-se que a principal função dos modelos é a capacidade que tem de ser representações do mundo produzidas pelo pensamento humano (GIERE, 1999) podem ser utilizados para simplificar fenômenos complexos (ROUSE; MORRIS, 1986); ajudam na visualização de entidades abstratas (BENT, 1984; FRANCOEUR, 1997); auxiliam na interpretação de resultados experimentais (TOMASI, 1988; VOSNIADOU, 1999); na elaboração de explicações (ERDURAN, 1998; VOSNIADOU, 1999); na realização de previsões (MAINZER, 1999; VOSNIADOU, 1999), um importante aspecto salientado por Morrison e Morgan (1999) é que os modelos são mediadores entre a realidade e a teoria, porque são autônomos em relação com ambas (JUSTI, 2006, p. 175).

A definição da professora Agatha sobre modelo é limitada e só relaciona a ideia de modelo como representação física e sua utilidade na compreensão dos fenômenos. As limitações de sua visão de modelo estão diretamente relacionadas com a ideia que apresenta das características principais dos modelos a ensinar nas aulas de Ciências, propriedades como a cor, a forma, a ordem, a estrutura, a criatividade. Esta resposta está diretamente relacionada com a visão da professora, que considera os modelos científicos como físicos e a modelagem, com a atividade de representação de destes modelos

Ao analisar a noção de modelo como representação física apresentada pela professora Agatha pode-se reconhecer uma relação com a classificação dos modelos proposta por Chamizo (2006). Entre as diferentes classificações dos modelos este autor, fundamentadas na perspectiva cognitiva de Bruner (1967), os modelos na Ciência são classificados em dois tipos: icônicos e conceituais. Nos primeiros, reconhecem-se como modelos aquelas imagens ou objetos de tamanho diferente daqueles que representam: mapas, aviões e autos em escala, entre outros. Os modelos conceituais estão relacionados com a linguagem, é o caso das fórmulas matemáticas ou símbolos (CHAMIZO, 2006).

Este aspecto se confirma quando a professora deve identificar entre diferentes entidades quais deles correspondem a modelos e quais não, como se apresenta a seguir:

**Quadro 19.** Respostas da professora Agatha à questão na qual deve identificar entre diferentes entidades quais delas correspondem com modelos

	$d = \frac{m}{V}$			
<b>Respostas:</b>				
Sim: é a representação de uma ideia de átomo.	Não: Porque é uma fórmula para resolver uma questão matemática.	Sim: é o modelo de um objeto para olhar a nível microscópico.	Sim, representa o comportamento de variáveis.	Sim: é a imagem visual de um fenômeno que acontece no físico

Fonte: Autor

Observa-se nas respostas da professora, que ela identifica como modelos imagens icônicas, como o átomo, o microscópio e, ainda, modelos de processos como o circuito elétrico ou relações entre variáveis, mas não identifica como modelo a fórmula matemática que expressa o cálculo da densidade. Este fato indica que a professora Agatha não reconhece como modelos alguns tipos de modelos conceituais, como os modelos matemáticos, além de não reconhecer muitas das características relacionadas com os modelos em Ciências.

### **Que elementos se revelam sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências no PCK da professora Agatha no desenvolvimento do processo formativo?**

No processo formativo, à professora Agatha e ao coletivo de professores, se oportunizou a reflexão a respeito dos modelos e a modelagem no Ensino de Ciências, através de uma sessão na qual foi realizada a exposição de alguns fundamentos teóricos da modelagem e o desenvolvimento de uma atividade que permitiu refletir sobre as potencialidades desta proposta de ensino em sala de aula. A atividade de modelagem desenvolvida usou como referencial o modelo proposto por Justi (2006) e foi desenvolvida na seguinte sequência:

1. Tomou-se como “origem do modelo” o fenômeno da mistura de água e álcool, no qual se observa que a somatória dos volumes dos componentes isolados medidos anteriormente à mistura, não é igual ao volume obtido ao misturar-se os dois componentes; os professores desenvolveram a atividade experimental em grupos de quatro integrantes.
2. A partir da observação e descrição do fenômeno motivou-se a elaboração de questões, objetivando-se a construção de hipóteses explicativas para o fenômeno observado.
3. Foi proposta a elaboração de modelos que representem o que acontece a nível submicroscópico envolvendo átomos e moléculas para explicar o fenômeno.
4. Os professores apresentaram os modelos elaborados, explicando e justificando suas hipóteses em relação ao modelo proposto; o processo de socialização e argumentação possibilitou a elaboração de consensos em relação aos modelos propostos.
5. Foram apresentadas novas situações relacionadas, que permitissem a aplicação do modelo construído coletivamente.

O roteiro da atividade proposta pode ser consultado no Apêndice 6. Desenvolvida esta atividade o grupo de professores foi questionado ao respeito dos elementos que deveriam ser integrados numa proposta de modelagem, onde a professora Agatha e seu grupo de trabalho elaboraram a seguinte reflexão

RNPAg 13: Para desenvolver a modelagem com os estudantes são necessários os modelos cognitivos iniciais, propor situações problemas do contexto, desenvolver a experimentação, trabalhar em equipe, a discussão e o consenso.

Nesta resposta pode-se observar como a professora integra em seu discurso os marcos de referência desenvolvidos durante a sessão, estruturando uma ideia diferente da modelagem como representação icônica do conhecimento já pronto, como vinha sendo desenvolvido em suas aulas, até então.

Posteriormente a esta sessão, o grupo colaborativo de professores, numa nova sessão, refletiu sobre sua visão sobre modelos e modelagem em relação ao ensino da ligação química, a partir da seguinte questão:

- Quando você ensina a ligação química, elabora atividades de modelagem?

À essa pergunta, a professora Agatha admite que desenvolvia as atividades de modelagem em sala de aula, de forma tradicional.

RNPAg8: Em relação à modelagem que eu tento fazer, as vezes, eles começam a fazer modelos no caderno. Mas eu gosto de representações que podem ser manipuladas, como argila, papelão e outros materiais. Geralmente eu não construo com eles, se não, que os levo prontos. Eu levo minha ideia do modelo; às vezes na aula, os alunos propõem e fazem alguma modificação. De modo mais geral, eu sou a única que teve a ideia que se pretende exercer, que solicita os materiais e transmite a ideia aos estudantes. Mas não surgiu da iniciativa dos estudantes, nem foi planejada com eles.

Nesta reflexão a professora reconhece que nas atividades de construção e uso de modelos que desenvolve em sala de aula, o modelo não é construído pelo aluno, ou seja, não é uma representação de seu modelo mental; o modelo é dado pronto, ou se transmite a ideia de como ele deve ser construído, mas não corresponde a uma construção do estudante.

Ao participar das discussões com o coletivo de professores os diferentes significados da modelagem na Ciência a partir da perspectiva de Aduriz e Izquierdo (2009), a professora reconhece outras dimensões da modelagem.

RNPAg10: Eu concebo a modelagem como uma atividade prática, mas ela realmente pode ser uma atividade mental, de imaginar uma resposta sobre o que está acontecendo, com base em um modelo. Nesse momento, já se está fazendo modelagem.

No processo de reflexão sobre os modelos e a modelagem a professora manifesta sua reflexão sobre a importância da realização de atividades de modelagem, mas também sobre as dificuldades que podem se apresentar.

RNPAg9: Sim, às vezes nestas atividades de modelagem consegue-se que os alunos compreendam coisas que nas classes normais não; no entanto, quando se apresentam falhas de falta de material ou problemas de indisciplina que se geram com as atividades de tipo prática, a atividade fica prejudicada.

Levando em consideração o trabalho realizado nestas sessões foi proposta ao grupo de professores a inclusão de uma atividade de modelagem em sala de aula no plano de ensino da ligação química, partindo da exploração de um fenômeno e seguindo o modelo de Justi (2006). Neste ponto a professora Agatha sugeriu uma proposta de atividade, que foi apresentada ao grupo colaborativo de professores e modificada para aplicação em sala de aula. A atividade pode ser consultada no Anexo 2.

A atividade proposta pelo grupo focal consistia numa prática na qual se reconhecem diferentes propriedades físicas, como a solubilidade e a condutividade elétrica em substâncias covalentes, iônicas e metálicas. A partir desta prática, os estudantes deveriam construir modelos para representar o acontecido e utilizá-los para explicar as propriedades das substâncias. A respeito dessa atividade com seus alunos, a professora Agatha teceu as seguintes considerações sobre o desenvolvimento desta aula.

RNPAg15: Nesta seção da aula o professor trouxe o desenvolvimento de uma atividade prática que era experimentar a condutividade de diferentes substâncias comumente utilizados em substâncias líquidas e dissolvidos, tais como açúcar, sal, água, álcool, vinagre entre outros. Ao desenvolverem o experimento os alunos devem emitir hipóteses sobre o comportamento das substâncias e confirmar experimentalmente. Estas hipóteses devem ser acompanhadas pelo desenvolvimento de modelos para explicar o comportamento da substância em solução como um isolante ou condutor de eletricidade.

Esta atividade permitiu que a professora refletisse sobre a importância da modelagem como processo de aprendizagem dos estudantes, como se pode identificar no seguinte relato narrativo:

RNPAg16. [...] a atividade de modelagem permite o contato com uma substância e vinculá-la a um conceito de Química, e o uso de substâncias Químicas reconhecidas.

RNPAg20: [...] De alguma forma o uso do modelo molecular permite gerar outros tipos de discussões com os alunos e serve para compreender a natureza das substâncias, novas perguntas são feitas por estudantes, por exemplo, sobre como operam as substâncias utilizadas na limpeza.

O acompanhamento do processo vivenciado pela professora Agatha durante a formação, em relação à modelagem como estratégia de ensino em sala de aula, permitiu identificar um desenvolvimento do componente de estratégias de ensino em seu PCK. Neste desenvolvimento, as atividades de construção e uso de modelos se integram a diferentes procedimentos próprios do trabalho em Ciências, como: a elaboração de hipóteses, a elaboração de perguntas, o desenho de experimentos, a indagação e a relação com outros conhecimentos relacionados ao tema. Esta orientação é diferente da estratégia de ensino que apresentava inicialmente, na qual se desenvolviam atividades de construção e uso de modelos utilizadas só para representar e reproduzir o conhecimento já transmitido em sala de aula. O modelo era dado pronto ao estudante e não se construía com ele, a partir de seus conhecimentos prévios e sua interação com os fenômenos, o conhecimento que se deseja ensinar.

### **Que elementos se revelam sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências no PCK da professora Agatha no final do processo formativo?**

No final do processo, identifica-se o conhecimento da professora Agatha sobre estratégias para o ensino da ligação química a partir da unidade didática construída com a equipe de professores. Nesta unidade percebe-se a diversidade de atividades que partem de uma das reflexões em grupo em torno da análise didática sobre o ensino da ligação química.

UDGF5. Nós acreditamos que é importante trabalhar com modelos para que os alunos possam compreender os diferentes tipos de ligação, os modelos podem servir como um meio de ensino, aprendizagem e avaliação. Os modelos podem ser materiais como tradicionalmente tem sido feito, com isopor, argila, varas etc. Além destes, alguns softwares educativos podem apoiar este trabalho.

UDGF5. Nós também consideramos importante o desenvolvimento de laboratórios, que permitem ao aluno aprender os conceitos e relacioná-los com o mundo real.

Assim, a proposta construída tem uma orientação que procura a relação dos conhecimentos com o cotidiano do estudante, a partir do desenvolvimento de atividades práticas nas quais se integram a modelagem e a experimentação.

Ao indagar, através da CoRe final, qual o conhecimento da professora Agatha sobre estratégias no Ensino de Ciências, podemos reconhecer que esta incorporou de forma particular, os resultados das reflexões realizadas no coletivo.

Assim, pode-se perceber nas atividades desenvolvidas, que a professora partiu do interesse em conhecer quais são os conhecimentos prévios sobre o tema ligação química e como estes se integram em torno da questão do porquê se unem os átomos. Esta atividade foi realizada a partir de uma apresentação geral e uma leitura, que permitiram a elaboração de perguntas que visavam identificar como se relacionam com o conhecimento de outros temas como tabela periódica, configuração eletrônica e outros, em torno da questão central. Isto se reflete nos seguintes fragmentos da CoRe final

CRfPAg31: Atividades em sua ordem foram apresentação de slides, explicação, confronto com a tabela periódica, leitura e perguntas trabalhadas em equipe.

CRfPAg3: Como uma atividade de introdução ao tema, o objetivo é olhar sobre a compreensão dos temas abordados até agora e como ele pode servir para tentar fazer julgamentos contra esta nova questão do por que os átomos se juntam.

Na segunda ideia, “Como se explica a união dos átomos? Estruturas de Lewis e eletronegatividades”, a professora utilizou uma variada quantidade de atividades, que são resumidas no Quadro 20.

**Quadro 20.** Atividades e momentos desenvolvidos em cada atividade sob a ideia

"Como se explica a união dos átomos?"

<b>Atividade</b>	<b>Sequência de momentos da atividade</b>
Atividade experimental: Comparação do comportamento de sódio metálico em água x cloreto de sódio em água.	Apresentação do fenômeno. Questões Explicação baseada na regra do octeto e eletronegatividade Apresentação de vídeo Novos exemplos Exercícios de aplicação
Atividade 2 Construção de modelos com cartões	Representação dos elementos químicos com seus elétrons de valência (estruturas de Lewis) Elaboração de estruturas que seguem a regra do octeto. Consulta.
Construção de modelos com outros materiais	Elaboração de modelos representando as estruturas da anterior atividade. Consulta e indagação frente aos modelos elaborados. Reconhecimento de exceções na regra do octeto. Exposição dos modelos. Novas questões.

Fonte: Autor.

Sobre a terceira ideia - “Quais são os tipos de ligação química?” - foram desenvolvidas as atividades descritas no Quadro 21.

**Quadro 21.** Atividades e momentos desenvolvidos sob a ideia "Quais são os tipos de ligação química?"

<b>Atividade</b>	<b>Sequência de momentos da atividade</b>
Atividade prática e de modelagem Condutividade elétrica	Elaboração da experiência Levantamento de questões Elaboração de hipóteses Análise da prática, Explicação da professora. Exercícios de aplicação. Construção de modelos dos diferentes tipos de ligação. Exposição dos modelos.

Fonte: Autor

Através das atividades propostas pela professora pode-se reconhecer o desenvolvimento de diferentes atividades, que permitem abordar as diversas habilidades próprias do trabalho em Ciências, como a elaboração de hipóteses, a proposição de perguntas, o desenho de experimentos, a indagação, a modelagem, a exposição e a consulta bibliográfica. Revela-se então a utilização de atividades de tipo prático que se podem realizar no ensino da ligação química e das potencialidades deste tipo de atividades no processo de ensino aprendizagem dos estudantes. Isto revela uma modificação na estrutura de conhecimentos da professora.

No tocante à modelagem como estratégia, nota-se um avanço significativo em relação à proposta inicial, na qual os modelos eram produzidos a partir da proposta do professor, como estratégias que permitiam contrastar e recriar o conhecimento, úteis para avaliar a compreensão dos estudantes ao ser utilizados na exposição do tema desenvolvido em aula.

Na proposta final o professor revela uma integração das atividades de modelagem às atividades experimentais, como um instrumento que permite representar a interação entre os fenômenos observados e os elementos teóricos abordados em sala de aula, em função da construção de conhecimento e para a constatação do mesmo.

Ainda é necessário aprofundamento das pesquisas sobre o desenvolvimento da modelagem como uma estratégia que permita o reconhecimento dos modelos dos estudantes a respeito dos fenômenos, e como estes modelos podem ser melhorados com o trabalho em sala de aula. A interação entre a experimentação, a indagação e a reestruturação dos modelos a partir do planejamento e contraste de hipóteses se mostraram interessantes. Porém, é precisamente a prática da professora Agatha que parece permitir seu desenvolvimento profissional, integrando novos elementos à sua atuação em sala de aula.

## 4.2. O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) da professora Larissa e seu desenvolvimento.

### 4.2.1. Conhecimentos sobre as orientações para o Ensino de Ciências

**Que elementos foram revelados sobre as orientações para o Ensino de Ciências no PCK da professora Larissa no início do processo formativo, referentes ao tema ligação química, através da análise da sua CoRe inicial?**

Este componente do PCK está relacionado com os propósitos que concebe o professor para o Ensino de Ciências no tocante ao tema ligação química. O primeiro ponto de referência para esta análise é o evidenciado pela professora Larissa através da CoRe desenvolvida no começo do processo de pesquisa.

Ao perguntar à professora Larissa “Por que é importante que os alunos conheçam essa ideia?”, questão N° 2 da CoRe, através das respostas, pudemos identificar a seguinte sequência de propósitos ligados a cada ideia central em torno da qual se desenvolve o tema ligação química, apresentadas no Quadro 22:

**Quadro 22.** Respostas à questão N° 2 da CoRe inicial professora Larissa

	Ideias centrais no tema de ligação química nas quais se divide seu ensino				
Questões	Propriedades Periódicas	Regra do octeto	Formação de íons	Estrutura de Lewis	Classificação da ligação química
2. Por que é importante que os estudantes conheçam essa ideia?	Para que saibam quais átomos em correspondência com sua posição na tabela periódica tem a capacidade de atrair ceder ou compartilhar elétrons. CRiPLa1	Para que no momento de organizar os átomos para formar ligações saibam que átomos são compatíveis para ligar-se e obter o octeto. CRiPLa2	Para que compreendam que os elementos com menor eletronegatividade são os que cedem elétrons e formam cátions e os de maior eletronegatividade aceitam elétrons e formam ânions. CRiPLa3	Para organizar ligações Químicas com formulas eletrônicas . CRiPLa4	Para que relacionem a condutividade e elétrica, e a formação de verdadeiras moléculas com o tipo de ligação realizada, eletrólitos e não eletrólitos. CRiPLa5

Fonte: Autor.

A professora Larissa define a importância da aprendizagem de cada ideia utilizando como referência o padrão da disciplina e da estrutura lógica em torno das quais organiza o ensino da ligação química. Pode-se notar que cada temática antecede à outra, numa cadeia de propósitos que estão relacionados de forma coerente.

Assim, a professora aborda inicialmente a temática “propriedades periódicas”, na qual enfatiza como estas propriedades se relacionam com a capacidade de ganhar ou ceder elétrons dos elementos químicos. Este conhecimento é de importância na proposta da professora, para na temática seguinte, “regra do octeto”, o estudante reconheça que elemento pode relacionar com outro e formar ligações estáveis seguindo a teoria do octeto. Na temática de formação de íons o propósito é relacionar esta capacidade de ganhar ou ceder elétrons com a eletronegatividade, o que introduz a ideia dos tipos de ligações. Na temática de estrutura de Lewis as ligações Químicas são representadas utilizando símbolos químicos e elétrons da camada externa por pontos, e na temática de tipos de classificação da ligação química se utiliza a eletronegatividade e a condutividade elétrica como propriedades que permitem identificar o tipo de ligação química.

Ao confrontar com os relatos narrativos das aulas da professora percebe-se uma orientação definida pelos aspectos teóricos da disciplina, como se pode reconhecer no propósito expresso no ensino da temática propriedades periódicas:

RNPLa3: Na aula sobre tabela periódica o objetivo é que o aluno relacione a configuração eletrônica com a tabela periódica, o que lhe permite dar informações sobre um elemento químico, sobre o seu grupo, período, os níveis, região da tabela periódica e descobrir se o tipo de elemento é representativo.

Seguindo Magnusson et al. (1999), as orientações que o professor dá ao Ensino de Ciências se relacionam diretamente com os propósitos de ensino e com o processo de ensino desenvolvido em sala de aula. Assim, quando na CoRe inicial pergunta-se à professora Larissa sobre os métodos de ensino utilizados, pode-se identificar que a professora desenvolve uma proposta didática que ela define numa sequência caracterizada pelos seguintes momentos definidos em seu texto:

CRiPLa20:

Aula magistral (para explicar o conteúdo do tema)

Perguntas (para ter uma ideia de que sabem e com que profundidade)

Exercícios sobre o tema (para aplicar o aprendido)

Resolver atividades da guia didática (sobre toda a temática)

Clarificar e resolver as dúvidas apresentadas.

Avaliação com exercícios para resolver.

Avaliação de final de período.

Exercícios em pares, para que compartilhem conhecimentos.

Em relação a esta sequência, identifica-se nas narrativas das aulas da professora alguns aspectos particulares que permitem indagar sobre as orientações no Ensino de Ciências. Por exemplo, na explicação oral tipo palestra (aula magistral), a professora faz uso do quadro, elaborando desenhos e modelos que apoiam sua explicação. Em algumas ocasiões, se propõem exercícios sobre o tema para o aluno realizá-los no quadro, como meio de promover a participação dos estudantes, como se reconhece nos seguintes traços das narrativas da professora sobre suas aulas.

RNPLa7: Na aula propriedades periódicas, a professora explicou através de um diagrama no quadro (onde "esboço" a tabela periódica), como as propriedades periódicas variam eletronegatividade, afinidade eletrônica, potencial de ionização e raio atômico. Ele definiu brevemente cada uma dessas propriedades e indicou no esquema em que direção aumenta e diminui e as razões por que isso acontece[...].

RNPLa4: Ao desenvolver o tema configuração eletrônica e sua relação com a organização dos elementos na tabela periódica, o professor faz a explicação no quadro. Exercícios da guia didática são propostos no quadro, convidando os alunos ir para o quadro e realizar os exercícios, embora sejam poucos que o fazem de forma autônoma [...].

Além disso, identifica-se que os exercícios e atividades da guia didática (material curricular elaborado pela professora) são realizados preferencialmente em equipes de trabalho. Estes traços podem ser reconhecidos das narrativas do professor sobre suas aulas e permitem reconhecer as características do processo desenvolvido em na sala de aula.

RNPLa18: Na aula o professor desenvolve um trabalho dinâmico na que colocou uma série de exercícios em que os alunos deviam desenvolver representações de Lewis sobre diferentes casos de ligações covalentes e classificá-las. Para fazer isso, os estudantes formaram equipes de trabalho e aqueles estudantes mais destacados por seu bom desempenho integraram –se a cada equipe de trabalho como monitores, foi indicado que quaisquer perguntas ou dúvidas que tivessem, que fosse apresentada ao monitor da equipe.

Pode-se reconhecer que a professora Larissa desenvolve uma estratégia de ensino que privilegia a aula magistral, caracterizada pela explicação oral, são elaborados exercícios e perguntas com a finalidade de propiciar a interação do estudante com o novo conhecimento e avaliar sua aprendizagem durante o processo. O trabalho em equipe é a estratégia mais notável, que é aproveitada para promover a aprendizagem dos estudantes

através da interação com seus parceiros de grupo, em relação aos conhecimentos desenvolvidos em aula.

Relacionando o propósito dado para o ensino da ligação química pela professora Larissa aos tipos de atividades desenvolvidas em sala de aula, podemos identificar a orientação que dá ao Ensino de Ciências, em concordância, com as diferentes orientações que propõem Magnusson et al. (1999) (ver quadro 1 e 2 referencial teórico). A partir de esta perspectiva, a orientação que mais se aproxima ao identificado nos dados relacionados à professora Larissa é a orientação chamada “Didática”, na que o principal propósito é transmitir os “fatos da Ciência” e que se caracteriza na sala de aula pela apresentação tipo palestra e a discussão com os alunos.

Seguindo Magnusson et al. (1999) uma orientação ao ensino de tipo “Didática” se caracteriza por:

O professor apresenta a informação, geralmente através de palestra ou discussão, e as perguntas direcionadas aos alunos têm o propósito de fornecer um suporte justificável para o conhecimento dos fatos produzidos pela Ciência (MAGNUSSON et al., 1999, p. 101, tradução nossa).

Embora a professora afirme desenvolver diferentes tipos de atividades além da explicação oral, como a proposição de perguntas aos estudantes, orientando a explicação, a representação dos conhecimentos através de desenhos no quadro e a ênfase no trabalho em grupo, o propósito destas atividades na proposta de ensino da professora Larissa é dar um maior suporte ou fundamentação aos conhecimentos da Ciência que se deseja “transmitir”. Por estas razões, considera-se que a definição da orientação ao Ensino de Ciências como de tipo “Didática”, é a que mais se aproxima da atuação da professora Larissa, em concordância com as estratégias desenvolvidas em sala de aula e os propósitos dados pela professora ao ensino da ligação química.

### **Que elementos do PCK da professora Larissa no componente de orientações para o Ensino de Ciências são identificados durante o desenvolvimento do processo formativo?**

Na proposta de formação desenvolvida possibilitou-se o processo refletivo da professora Larissa, e com ele, buscou-se caracterizar seu PCK, sustentando aspectos já identificados através da CoRe inicial e elaborando reflexões em relação ao processo de formação, o que permite falar de um desenvolvimento em seu PCK. Nesse sentido, foram

analisados em conjunto os relatos narrativos de aula, as respostas dadas a algumas questões de reflexão propostas e as narrativas emergidas através de cada um dos encontros, procurando reconhecer como a reflexão da professora justifica o desenvolvimento de seu PCK.

No encontro formativo N° 1, abordou-se o tema “visões deformadas da Ciência e atividade científica do professor”. Ao ser questionada no começo do encontro sobre sua visão sobre a Ciência, a professora Larissa deu a seguinte resposta:

RNPLa1: Qual é minha visão sobre a Ciência?  
Encaminhar ao estudante para que compreenda lógica e verdadeiramente, como e por que acontecem os fenômenos na natureza e em particular nos seres vivos.

Esta resposta é coerente com o propósito que define para o Ensino de Ciências, expresso no texto.

RNPLa3: Qual é o propósito do Ensino de Ciências?  
Explicar os fenômenos naturais e as reações que se apresentam nos seres vivos.

Pode-se observar nas respostas da professora Larissa características de uma visão deformada da Ciência (FERNANDEZ et al., 2005). A Ciência é apresentada como um dogma sob o qual se caracteriza o conhecimento científico como verdadeiro e o método das Ciências (método científico) relaciona-se com o processo lógico e infalível que permite chegar ao conhecimento certo.

Neste sentido, o Ensino de Ciências se focaliza na transmissão deste conhecimento verdadeiro, que permite a explicação dos fenômenos. Nesta visão as ideias alternativas dos estudantes são consideradas como erradas e pretende-se que sejam mudadas através da aula. Assim, a professora Larissa reconhece sua visão da Ciência em sala de aula da seguinte maneira:

RNPLa2: Como se reflete sua visão sobre a Ciência em suas aulas de Ciências?  
O estudante chega na aula com ideias prévias que nem sempre são verdadeiras ou reais, mudá-las é muito complicado, é preciso chegar ao estudante com situações cotidianas para que o conhecimento seja significativo.

Posteriormente, o processo de discussão e reflexão desenvolvido com o coletivo de professores sobre as visões deformadas da Ciência e a atividade científica, possibilitou que a professora refletisse sobre suas concepções e práticas de ensino, como se reconhece na narrativa que se segue

RNPLa4: Em minha prática de aula posso estar transmitindo uma visão a problemática e a histórica da Ciência, assim como uma visão exclusivamente analítica. Uma visão atual do Ensino de Ciências e da atividade científica para o Ensino de Ciências, deve considerar que a Ciência não é rígida e tratar de contextualizar os problemas aplicados para uma aprendizagem significativa. A Ciência não é a última palavra e com os avanços científicos atuais, os conhecimentos podem mudar.

Esta reflexão constitui o ponto de partida para a professora indagar em busca de novos elementos que possam ser significativos em sua prática de ensino, como a contextualização do conhecimento, o trabalho a partir de problemas e o reconhecimento da Ciência como uma atividade em constante evolução.

Embora a professora Larissa reconheça a importância da contextualização do conhecimento na aprendizagem dos estudantes, também identifica que em alguns temas é difícil estabelecer uma relação com o cotidiano:

RNPLa6: Há temáticas que são muito difíceis de se relacionar com a vida cotidiana e dar exemplos, e existem outros mais simples.

Em particular, sobre os propósitos para o ensino da ligação química a professora Larissa identifica durante o processo formativo o seguinte:

RNPLa7: A aprendizagem da ligação química é importante para que o estudante entenda:

- Porque na natureza existem diversas substâncias
- Que faz que um átomo possa-se ligar com outro
- Qual é a importância da estabilidade Química (energética)
- Quais são as características das substâncias em concordância com a ligação química que apresentam.

Nota-se que o foco da professora se situa no aspecto disciplinar, o propósito para o ensino da ligação química pouca relação apresenta com a compreensão de situações e fenômenos relacionados com o cotidiano do estudante. A dificuldade manifesta pela professora em relacionar o conhecimento da ligação química com a vida cotidiana, pode ser uma das causas da proposta de ensino se focalizar no conteúdo disciplinar.

Nessas considerações sobre o processo de formação desenvolvido pela professora Larissa, apresentou-se a possibilidade de se refletir sobre as atividades de modelagem no Ensino de Ciências. Para ela:

RNPLa24: As atividades de modelagem são importantes para os alunos ao fazer essa relação dos conhecimentos com entidades abstratas, como átomos, moléculas que não são visíveis.

As atividades de modelagem sob esta perspectiva são estratégias para a professora Larissa ensinar conceitos abstratos, que são de difícil visualização por parte do aluno. Esta visão da modelagem está limitada ao uso de modelos como recurso de aprendizagem que permite a visualização dos conceitos.

A partir da perspectiva de Morrison e Morgan (1999 apud JUSTI, 2006)) a aprendizagem através de modelos pode ter lugar em dois momentos do processo: na construção e na utilização do modelo. Na construção do modelo é elaborado um tipo de estrutura representativa e desenvolvemos uma forma científica de pensar. Por outro lado, quando utilizamos os modelos aprendemos sobre a situação representada por ele (MORRISON; MORGAN, 1999 apud JUSTI, 2006).

A perspectiva sob a qual a professora Larissa utiliza os modelos no ensino aprendizagem da ligação química situa-se só no momento do uso do modelo. Nesta perspectiva, o modelo é fornecido pronto ao estudante; não se desenvolve um processo de construção do mesmo, que permita aproveitar a construção de modelos no desenvolvimento do pensamento científico.

Justi (2006) propõe que no ensino de Química é de significativa importância desenvolver atividades de modelagem que partam do desenvolvimento de atividades de tipo experimental sobre fenômenos, as quais possibilitem que o estudante elabore modelos de entidades abstratas, como átomos e moléculas, na explicação do fenômeno.

Na proposta da professora Larissa não se reconhece este tipo de atividades como a representação dos fenômenos e sua explicação, onde os fenômenos podem ser parte do cotidiano do estudante, ou em experiências construídas em aula, aproximando o conhecimento da Ciência ao aluno, o que significaria uma orientação ao ensino diferente daquela reconhecida inicialmente no sentido de propiciar uma compreensão maior da Ciência e da atividade científica e um papel mais ativo do aluno em sua aprendizagem.

Em relação a esta questão, um dos momentos importantes do processo de formação, se constituiu na proposição de uma atividade de modelagem ao grupo colaborativo por parte de um de seus integrantes. Esta atividade foi aplicada por cada um dos professores em suas aulas, realizando as adaptações que considerassem relevantes. A versão final desta atividade pode ser consultada na atividade 6 do Anexo 2.

Na realização desta atividade a professora incorporou alguns elementos próprios, como a utilização de um guia didático sobre as cores estabelecidas pela IUPAC para a elaboração de modelos moleculares. Para a professora, este guia didático tinha como intenção facilitar a apresentação física dos modelos moleculares na representação das ligações Químicas de tipo covalente presentes em diferentes moléculas. O guia em questão é apresentado na atividade 7 do Anexo 2.

A aplicação desta atividade teve como finalidade para a professora o uso da atividade de modelagem para promover a construção de explicações por parte dos estudantes sobre os fenômenos observados, utilizando os modelos elaborados para explicar os fenômenos a partir da interação no nível submicroscópico, entre os átomos e moléculas.

RNPLa22: [...] Na aula foram revisados os modelos construídos e se realizaram exposições dos mesmos. Na exposição se solicitou aos alunos explicar por que escolheram esse tipo de modelo, e utilizando o modelo explicar a condutividade elétrica das substancias utilizadas na prática de laboratório[...]

RNPLa23: Embora alguns estudantes se apresentaram motivados e construíram suas explicações, chegando a conclusões sobre a condutividade nos modelos de compostos iônicos e covalentes, nem todos os estudantes conseguiram relacionar o fenômeno com sua explicação utilizando modelos dos átomos e moléculas[...] embora os estudantes tenham manifestado grande interesse na experiência realizada, no momento de ter que explicar e consolidar a explicação não apresentaram a mesma motivação. O momento de demanda cognitiva não é aceito de forma igual por todos.

As narrativas anteriores permitem reconhecer que a aplicação da atividade de modelagem possibilitou à professora desenvolver outras dinâmicas de trabalho em sala de aula.

Em sua reflexão, a professora Larissa reconheceu que o uso dos modelos para auxiliar na compreensão do fenômeno por parte do estudante. Em função deste propósito, salienta-se o papel motivador da atividade prática e o desafio cognitivo que significa para o estudante explicar o fenômeno através da elaboração e uso de modelos, identificando que isto não é enfrentado por todos do mesmo modo.

Este tipo de atividades e reflexões, podem levar a professora Larissa a adotar novos elementos em sua prática e reconhecer novos propósitos, que em consequência, permitiriam falar de um desenvolvimento em sua orientação original identificada no ensino da ligação química. A seguir, pretende-se reconhecer se isto aconteceu, analisando como a professora incorporou os elementos desenvolvidos durante o processo formativo sobre a Modelagem, num novo planejamento didático e seu desenvolvimento em aula.

### Que elementos do PCK da professora Larissa no componente de orientações para o Ensino de Ciências são reconhecidos ao final do processo formativo?

Na análise do desenvolvimento do PCK da professora Larissa ao final do processo formativo, duas fontes foram analisadas: a unidade didática construída pelo grupo colaborativo de professores, e a CoRe final, com o objetivo de identificar o desenvolvimento do PCK da professora em relação a CoRe inicial.

Assim, ao analisar as respostas da professora Larissa à questão “Por que considera importante que os estudantes conheçam sobre o tema ligação química?”, apresentadas no quadro 23, podemos identificar na CoRe final que a professora conserva as mesmas ideias centrais no desenvolvimento do tema.

**Quadro 23.** Respostas dadas à pergunta N° 2 da CoRe final "Por que considera importante que os estudantes conheçam essa ideia?"

Ideias centrais no tema de ligação química nas quais se divide seu ensino				
Propriedades periódicas	A regra do octeto	Formação de íons	Estrutura de Lewis	Classificação da ligação química
É importante esclarecer como as propriedades periódicas variam na tabela periódica. Para reconhecer que elementos podem comportar-se como cátions e ânions e classificar mais facilmente uma ligação, no tocante à transferência ou compartilhamento de elétrons. CRfPLa6	A ideia central é que os alunos saibam que átomo pode ligar com o outro, de modo que possam completar o octeto CRfPLa7	É importante para a classificação do tipo de ligação, para saber se os elétrons são compartilhados ou transferidos. CRfPLa8	Para aprender a representar as ligações Químicas utilizando o símbolo do elemento e os elétrons da camada de valência, o que vai permitir ajudar na identificação do tipo de ligação. CRfPLa9	Sabendo o tipo de ligação o aluno é capaz de reconhecer as propriedades das substâncias que permitem-me saber que uso é dado na indústria e na vida cotidiana. Por exemplo, a ligação metálica e a condutividade eléctrica de metais tais como o cobre. CRfPLa10

Fonte: Autor

Ao comparar as respostas da CoRe inicial apresentadas no quadro 22 (apresentada na análise deste componente no começo do processo), com a CoRe final, observa-se que

não se apresentam maiores variações nos propósitos propostos inicialmente pela professora Larissa.

Em ambos os momentos do processo, os propósitos no ensino da ligação química, relacionam-se com os aspectos teóricos ou disciplinares do conceito. Apenas na temática de tipos de ligação química a professora revela como propósito a relação entre o conhecimento do tipo de ligação química e as propriedades dos materiais utilizados no cotidiano (CRfPLa10).

Esta mesma característica se reconhece nos objetivos proposto na unidade didática construída pelo grupo colaborativo de professores, do qual participou a Professora Larissa:

UDGF6: Objetivos da unidade didática

1. Relacionar a formação de ligações Químicas entre os átomos com a tendência para ganhar mais estabilidade, semelhante aos gases nobres, relacionando esta característica com a configuração eletrônica do último nível.
2. Utilizar estruturas de Lewis para representar os elétrons de valência em átomos, íons e a formação de ligações entre os átomos, considerando a regra do octeto.
3. Reconhecer que existem substâncias na natureza que em sua estrutura molecular representam exceções à regra do octeto.
4. Reconhecer o papel da eletronegatividade na formação de ligações e suas características.
5. Relacionar propriedades físicas e Químicas das substâncias com o tipo de ligação formada.
6. Construir modelos tridimensionais para representar e explicar a estrutura Química e as propriedades de substâncias com diferentes tipos de ligação.

Observamos que os propósitos propostos na unidade didática guardam relação com os propósitos identificados através da CoRe final. Contudo, a professora na CoRe final não coloca ênfase em alguns aspectos que são relevantes na proposta apresentada na unidade didática.

Um destes aspectos é a ênfase no ensino do conceito de estabilidade na ligação química, que não se salienta entre os propósitos apresentados no desenvolvimento da CoRe final. Ainda assim, a professora reconheça uma mudança no processo de ensino desta ideia, ao desenvolver em aula a atividade experimental proposta na unidade didática (atividade 2 do Anexo 2) que é desenvolvida no início do ensino da temática sobre regra do octeto. O relato a seguir permite reconhecer a reflexão da professora ao realizar a atividade

CRfPLa32: Inicialmente, uma atividade prática foi realizada, apresentando a reação do sódio metálico em água e o que acontece quando o cloreto de sódio é dissolvido em água, a questão proposta ao observar o fenômeno foi: porque a reação do sódio é tão violenta ao contato com a água e a sal não reage? Em

seguida, muitos alunos tentaram determinar a relação entre o sódio (Na) que estava sozinho e o cloreto de sódio (NaCl) composto de Sódio (Na) e cloro (Cl), construindo hipóteses sobre o papel do Cloro para estabilizar o sódio (Na). Então eu comecei a construir a ideia de estabilidade. A atividade praticada agradou muito aos estudantes, a ideia de estabilidade tornou-se mais clara, os alunos desenvolveram hipóteses sobre a reação de outros metais do mesmo grupo na água, tais como potássio e frâncio. Iniciar o tema com esta breve atividade prática foi muito bom [...].

Esta narrativa permite identificar o impacto positivo do desenvolvimento de atividades práticas no ensino da ligação química para a aprendizagem dos estudantes. O bom resultado na motivação e aprendizagem dos alunos observado no desenvolvimento desta atividade, pode sugerir que a professora Larissa continue utilizando-a como estratégia para abordar esta ideia com os estudantes.

Contudo, a inclusão da atividade prática anterior para o ensino da regra do octeto não significa uma mudança significativa em relação com o processo que se desenvolve em sala de aula. A escolha das estratégias posteriores a esta atividade, no desenvolvimento da temática da regra do octeto permite identificar os procedimentos de ensino utilizados, após a introdução do tema com a atividade prática:

CRfPLa32: [...] Para explicar o tema eu gosto de desenhar um esboço da tabela periódica no quadro, em seguida, começar a localizar cada grupo e desenhar um átomo representativo de cada grupo com sua camada de valência. Eu pergunto aos alunos, que átomos podem-se ligar para completar oito elétrons no último nível? Inicialmente, os estudantes apenas identificam a possibilidade de ligar elementos do primeiro com o sétimo do grupo [...] Após explicar, proponho dois ou três exercícios no quadro e no caderno. Na aula seguinte resolve-se de 10 a 12 exercícios em casais de alunos e depois dá nota [...].

Pode-se reconhecer que o processo de ensino desenvolvido pela professora Larissa não apresentou maiores variações em relação à proposta no começo do processo formativo. Assim, a professora Larissa desenvolveu sua aula numa sequência caracterizada pela aula de tipo magistral, explicando através de representações ou modelos desenhados no quadro, propôs questões aos estudantes para conduzir a explicação das temáticas propostas, e uma vez explicado apresentou exercícios para serem resolvidos, na maioria das ocasiões em equipes, avaliou-se a atividade com idas ao quadro, avaliando a participação dos estudantes e o adequado desenvolvimento dos exercícios propostos.

No tocante às atividades de modelagem, reconhece-se nas narrativas da professora que continuam sendo desenvolvidas sob a visão tradicional de atividades de representação, nas quais o modelo é dado pronto aos alunos e utilizado para facilitar a visualização dos conceitos que se deseja ensinar.

Parece que o processo formativo baseado na modelagem como estratégia didática no ensino da ligação química e do trabalho em equipe colaborativa na construção de uma unidade didática, trouxe uma contribuição para a professora Larissa através da incorporação de estratégias vinculadas a atividades experimentais em sua prática de ensino. A professora reconhece a importância das atividades na motivação para a aprendizagem dos estudantes, na aplicação dos conhecimentos ensinados e na verificação dos aspectos teóricos.

Estas atividades foram incorporadas na proposta de ensino da professora Larissa na elaboração de atividades práticas demonstrativas na introdução do tema, como no caso da regra do octeto; ou no desenvolvimento de atividades práticas ao final do tema na aplicação dos conhecimentos teóricos adquiridos, como acontece no ensino dos tipos de ligação química. A narrativa a seguir revela este último aspecto:

CRfPLa35 [...] Depois de explicar os tipos de ligações e fazer os exercícios sobre o tema, quando os conceitos ficaram claros, é indicado como desenvolver a prática do laboratório. Antes de fazer a prática, entrega-se uma guia sobre o processo a desenvolver, algumas perguntas foram propostas aos alunos de forma oral:

Quais das substâncias utilizadas têm ligação iônica?

Como vamos a identificar estas substâncias na prática?

Quais são condutoras da eletricidade?

Quais não são condutoras da eletricidade?

Muitos dos alunos responderam de forma acertada estas questões, identificando que com as substâncias iônicas se observaria acender a luz. A professora apresentou as fórmulas químicas das substâncias a utilizar para ajudar na identificação do tipo de ligação presentes nas substâncias [...].

Assim, a atividade prática foi desenvolvida no final da sequência de ensino, com o propósito de verificar os conhecimentos teóricos transmitidos aos estudantes, o que reforça a orientação de tipo “didático” da professora. Ou seja, a professora incorporou à sua orientação original, a valorização do trabalho prático segundo a perspectiva tradicional, algo que possivelmente já tinha considerado, mas que tinha abandonado pelas dificuldades em organizar os recursos necessários e o esforço adicional que significa uma elaboração de atividades práticas em comparação com a aula tipo palestra.

O que foi dito anteriormente sugere que o processo de formação, no caso da professora Larissa, não gerou um desenvolvimento neste componente que significaria uma mudança na orientação originalmente identificada. Contudo, pode-se reconhecer que gerou, sim, um enriquecimento de sua proposta original ao adaptar novos elementos para alcançar de seus propósitos de ensino.

#### 4.2.2. *Conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências.*

### **Que elementos se revelam os conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências no PCK da professora Larissa, no começo e desenvolvimento do processo formativo?**

No início do processo formativo, os conhecimentos e crenças da professora Larissa acerca do currículo de Ciências foram identificados através da informação coletada na CoRe, principalmente através das questões número um e três, complementadas com as informações das fontes documentais como o planejamento didático da professora. Porém, na análise deste componente se faz relevante a interação entre estas fontes e os relatos narrativos construídos sobre as aulas da professora, já que estes últimos revelam o PCK na prática da professora. Nestes relatos são encontrados elementos que permitem sustentar aspectos identificados através da CoRe e caracterizar de forma mais ampla seu PCK.

Os relatos, que foram construídos quando já se havia avançado no processo formativo, permitem reconhecer interações entre os novos conhecimentos construídos nas discussões durante o processo formativo e aqueles já identificados através das análises do PCK inicial da professora. Durante o processo formativo não se reconheceram narrativas que apontavam reflexões individuais sobre este componente, o que aumenta a relevância de analisar este componente do PCK no começo do desenvolvimento do processo formativo através da interação entre a CoRe inicial, fontes documentais e os relatos narrativos das aulas da professora.

Este componente do PCK é classificado por Magnusson em duas categorias: i) conhecimentos das metas e objetivos e, ii) conhecimento de programas e materiais curriculares específicos.

Na caracterização do PCK da professora Larissa, procurou-se identificar o conhecimento das metas e objetivos de aprendizagem dos estudantes no tema ligação química, assim como o conhecimento sobre como este se articula com outros temas no desenvolvimento do currículo ao longo do ano escolar (currículo horizontal). Além disso, esperava-se identificar o conhecimento da professora sobre o que os estudantes deveriam ter aprendido em anos anteriores para abordar o tema de ligação química e como estes incidem nos temas que se deseja que sejam aprendidos nos próximos anos (currículo vertical) (GROSSMAN, 1990).

Assim, ao desenvolver a questão 1 da CoRe inicial, “O que você pretende que os estudantes aprendam sobre esta ideia?”, apresentada no Quadro 24, percebe-se nas respostas da professora elementos do currículo horizontal através da forma como estrutura o tema de ligação química a fim de que o mesmo seja ensinado. A professora divide o ensino da ligação química em cinco ideias principais: propriedades periódicas, regra do octeto, formação de íons, estrutura de Lewis e classificação da ligação química.

Nesta estruturação, nota-se que a temática propriedades periódicas é entendida como o requisito principal para abordar ligações Químicas. Segundo a lógica manifestada pela professora, o reconhecimento das propriedades periódicas permite justificar a posição de um elemento em determinado lugar da tabela periódica. A professora parte do princípio de que os átomos alcançam sua estabilidade quando conseguem adquirir a configuração eletrônica do gás nobre mais próximo, aspecto fundamental na compreensão da regra do octeto. A posição do elemento na tabela periódica permite prever seu comportamento ao ceder ou aceitar elétrons, o que permite também identificar quais os elementos formam mais facilmente ligações iônicas e covalentes. Além disso, a posição do elemento na tabela periódica permite identificar os elétrons da camada de valência o que é fundamental na elaboração de estruturas de Lewis que representam a ligação entre átomos.

A forma de relacionar estas temáticas, propriedades periódicas, regra do octeto, formação de íons, estrutura de Lewis e classificação da ligação química, caracteriza um modo próprio da professora abordar o tema no que se refere à sequência que para ela permite uma melhor compreensão dos conceitos. Existe uma relação entre cada um dos temas capaz de produzir uma coerência didática na forma em que são introduzidos.

No quadro 24, reconhecem-se as respostas da professora Larissa em relação à questão número 1 da CoRe, que evidenciam a relevância da temática propriedades periódicas na sequência de temas proposta.

**Quadro 24.** Respostas da professora Larissa à questão N° 1 da CoRe inicial

	<b>Ideias centrais no tema de ligação química nas quais se divide seu ensino</b>				
<b>Questões</b>	<b>Propriedades Periódicas</b>	<b>Regra do octeto</b>	<b>Formação de íons</b>	<b>Estrutura de Lewis</b>	<b>Classificação da ligação química</b>
1. O que você está	Que compreendam	A estabilidade que obtêm os	É preciso saber quais	Que são os elétrons do	Que as substancias

tentando que os alunos aprendam sobre essa ideia?	que os elementos químicos não estão organizados ao acaso na tabela periódica, mas sim que tem características que os fazem similares CRiPLa1	átomos ao adquirir a configuração eletrônica de um gás nobre. CRiPLa2	átomos da tabela periódica são os que cedem, compartilham ou recebem elétrons, para que a classificação da ligação química seja mais fácil. CRiPLa3	último nível os que participam na formação da ligação, já que são os mais afastados do núcleo e a atração por parte do núcleo é menor. CRiPLa4	existentes são diferentes, com características próprias devido aos átomos que as conformam e o tipo de ligação entre os átomos. CRiPLa5
---	---	--	--	---	--

Fonte: Autor

Em relação ao currículo vertical, reconhecem-se elementos nas narrativas da professora sobre suas aulas, que permitem identificar temáticas abordadas em níveis anteriores, considerados pré-requisitos na abordagem das novas temáticas, como indica a seguinte narrativa das aulas da professora

RNPLa1: A professora começa a explicar o tema dos modelos atômicos elaborando uma revisão dos primeiros modelos até o modelo atômico atual, para explicar melhor os conceitos de nível e subnível de energia, configuração eletrônica e orbitais. A professora afirma que: “se não começar por lembrar estes temas os estudantes ficariam perdidos no tema. Embora esta temática não seja nova para os estudantes e que tenha sido estudada neste e em outros cursos, para alguns alunos este tema é desconhecido, pois eles têm pouca retenção”. Referindo-se sobre a aprendizagem não significativa deste tema, afirmando que alguns alunos esqueceram do mesmo.

As justificativas indicam que ela considera importante que, antecedendo à temática propriedades periódicas, seja revisto o tema de modelos atômicos, particularmente o modelo de Bohr e configuração eletrônica. A professora expressa que, ainda que essas temáticas já tenham sido abordadas em níveis anteriores, se não começar revisando esses conceitos, os estudantes ficariam “perdidos” na compreensão do tema”.

O que foi dito anteriormente permite reconhecer que, para a professora Larissa, o conhecimento sobre a estrutura atômica e em particular sobre a configuração eletrônica é fundamental na compreensão das propriedades periódicas, que por sua vez é requisito fundamental para abordar a ligação química.

No tocante aos temas nos quais a professora identifica um conhecimento, mas que não desenvolve em seu programa, ainda em relação às propriedades periódicas, identifica-se a relação entre o raio atômico e as propriedades periódicas dos elementos. A professora

parece concentrar suas explicações na relação entre a configuração eletrônica e o lugar que ocupa o elemento na tabela periódica como se reconhece na seguinte narrativa.

CRiPLa11: Não abordo a questão do efeito de “pantalha” que indica que os elétrons fazem uma tela diminuindo a atração do núcleo ao último elétron. Eu explico aos estudantes que entre mais distância do núcleo há menos atração e os elétrons tem mais possibilidade de separar-se do átomo. Não explico aspectos como a longitude de onda necessária dos elétrons para saltar de um nível a outro que representam maior complexidade.

Além disso, também indica que não se refere às exceções da regra do octeto

CRiPLa12: As exceções à regra do octeto, já teve a experiência de alguns anos atrás de ensinar o tema e propor exercícios aos alunos, quando eles não conseguir fazê-lo relacionavam que era uma exceção. Eu menciono que existem exceções à regra do octeto, mas clarifico que só vamos a realizar exercícios em que não ocorrem exceções e que podem- se realizar.

Não foram encontradas em suas respostas na CoRe ou nas narrativas de suas aulas, relatos que permitissem identificar, durante o processo reflexivo, justificativas sobre o porquê não aborda este tema, ainda que tivesse conhecimento sobre ele e sua importância, possivelmente isto este relacionado com uma visão acrítica e dogmática da professora sobre a Ciência.

Uma das preocupações manifestadas durante o processo formativo pela professora Larissa, tem relação com a necessidade de abordar a totalidade dos conteúdos que são requisitos para as avaliações externas, o que limita o tempo que pode dedicar a cada temática e a profundidade com a que o tema é abordado, como fica evidente na seguinte narrativa:

RNPLa20: Uma dificuldade que temos são as provas externas, nós [os professores], desejaríamos aprofundar um pouco mais nos temas, do modo que fossem mais práticos. Mas, na prova externa é avaliada uma grande quantidade de temas, que se não for seguido um programa estrito, não são possíveis de abordar [...].

Desta narrativa pode-se inferir que o pouco tempo para desenvolver um currículo que é prescrito e avaliado por provas externas, que determinam para o estudante seu ingresso na educação superior, constitui-se numa das causas para limitar, além dos conteúdos que são desenvolvidos, a introdução de práticas alternativas em sala de aula para o ensino da ligação química e também de outros temas.

Segundo Magnusson et al. (1999), uma das principais fontes do conhecimento curricular do professor em relação às metas e objetivos, encontra-se nas metas e diretrizes curriculares estabelecidas pela normatividade educativa de cada região ou país. No caso do presente trabalho, as diretrizes curriculares da Colômbia para o Ensino de Ciências

correspondem principalmente a dois referenciais: as sequências curriculares e os padrões curriculares para o Ensino de Ciências. Estas diretrizes curriculares determinam os conhecimentos, habilidades e atitudes mínimas, que um estudante deve alcançar ao finalizar um ciclo de formação, e que são avaliadas pelas provas externas realizadas pelo Ministério de Educação.

Em relação a este aspecto, é possível identificar nos planos de aula elaborado pela professora Larissa com o grupo colaborativo de professores, que neles estão incluídos os padrões curriculares para a área, propostos pelo Ministério de Educação Nacional da Colômbia. No tema ligação química os padrões selecionados pela professora em seu plano de aula são:

PAPLa2:

Uso da tabela periódica para determinar as propriedades físicas e Químicas dos elementos.

Explicar a relação entre a estrutura dos átomos e as ligações que realizam. (MEN, 2003)

Estes dois padrões são abordados pela professora no planejamento e desenvolvimento de suas aulas, como se observa nos conteúdos desenvolvidos e a coerência horizontal que dá ao tema. Além disso, estes são os padrões que são avaliados nas provas externas aplicadas aos estudantes no final de seu ciclo de formação no ensino médio.

Quanto ao conhecimento da professora Larissa sobre materiais curriculares e programas específicos, evidencia-se apenas o conhecimento dos programas e materiais oficiais para o ensino que podem ser relevantes em seu trabalho com os alunos (MAGNUSSON et al., 1999). Através da CoRe, dos relatos narrativos e dos documentos analisados não se consegue evidenciar um conhecimento específico sobre outros programas ou projetos específicos na área de Ensino de Ciências que sejam uma referência curricular. O anterior pode estar relacionado com dois aspectos, a primeira delas a baixa produção e desenvolvimento de propostas curriculares no ensino de Química que tenham um impacto no ensino, e além disso, o pouco contato das propostas produzidas na área com o professor através dos processos de formação continuada.

**Que elementos são revelados sobre conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências no PCK da professora Larissa no final do processo formativo?**

No quadro 25 são comparadas a proposta de conteúdos da unidade didática construída pelo grupo de professores e a sequência apresentada pela professora de forma individual através da CoRe final.

**Quadro 25.** Comparação entre as ideias centrais na abordagem do tema ligação química na CoRe final e a unidade didática

Ideias centrais no tema de ligação química nas quais se divide seu ensino	
CoRe Final	Sequencia proposta na unidade didática
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Propriedades Periódicas</li> <li>2. Regra do octeto</li> <li>3. Formação de íons</li> <li>4. Estrutura de Lewis</li> <li>5. Classificação da ligação química</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Por que os átomos se juntam?</li> <li>2. Como as ligações entre os átomos podem ser representadas?</li> <li>3. Como a eletronegatividade incide no tipo de ligação?</li> <li>4. Quais são as principais exceções gerais na formação da ligação química a partir da regra do octeto?</li> <li>5. O que caracteriza cada tipo de ligação química??</li> </ol>

Fonte: Autor

No final do processo formativo, identifica-se através da CoRe final e da unidade didática construída pelo grupo colaborativo de professores, aspectos a salientar sobre o desenvolvimento do PCK da professora Larissa no componente de crenças acerca do currículo.

O primeiro aspecto tem relação com o currículo horizontal. As temáticas que a professora identifica como ideias principais no desenvolvimento da ligação química são as mesmas que identificou através da CoRe inicial. Embora na unidade didática tenha sido desenvolvida uma proposta diferente na sequência de conteúdo, a professora Larissa confirma na CoRe a sequência proposta desde o início do processo formativo. Isto indica que a unidade didática construída coletivamente não é, para a professora, uma referência a seguir na sequência de conteúdo proposta, ainda que tenha participado ativamente de sua construção.

A sequência proposta na Unidade Didática foi elaborada em forma de questionamentos que se desenvolvem a partir de diferentes conceitos ou temáticas. A maior parte destes conceitos estão presentes nas temáticas apresentadas na CoRe inicial e final pela professora Larissa.

Assim, no desenvolvimento da questão 1, “Por que os átomos se juntam?”, aborda-se o conceito de estabilidade, que está ligado ao conceito de configuração eletrônica, periodicidade Química, regra do octeto e eletronegatividade. Quando a professora Larissa afirma que tenta que os estudantes aprendam sobre o tema propriedades periódicas e regra do octeto, são abordados e desenvolvidos estes conceitos.

No tema propriedade periódicas, a professora Larissa define:

CRfPLa1: é essencial saber que os elementos que estão localizados na tabela periódica não estão ordenados de forma aleatória, eles têm certas características que se repetem periodicamente. Faz-se ênfase em explicar as propriedades periódicas, mas principalmente a eletronegatividade, conceito de que é necessário para a classificação da ligação.

Referente ao conceito de estabilidade, este se encontrava presente na proposta inicial da professora, ligado à temática regra do octeto o que se reconhece de igual forma no final do processo.

CRfPLa2: O que se pretende com a regra do octeto é entender que a estabilidade Química do elemento é obtida através da aquisição da configuração eletrônica do gás nobre mais próximo, ao ligar-se com outro elemento

Assim embora no processo formativo tenha sido abordado o aspecto energético da formação da ligação química e sua estabilidade, a professora continua atribuindo a estabilidade à regra do octeto; aparentemente este marco de referência tem-se tornado um obstáculo na elaboração de novas compreensões que permitissem mudanças em sua proposta curricular.

Esta característica tem sido identificada em pesquisas com alunos. Assim Taber (1998) desenvolveu um modelo sobre a evolução das ideias dos alunos sobre a ligação química no qual a regra do octeto constitui um primeiro degrau no avanço da compreensão da ligação covalente hasta um princípio de explicação do mínimo de energia no qual se utilizam ideias da teoria quântica relacionadas com o uso de orbitais atômicos, o problema é que muitos alunos ficam com a explicação da regra do octeto e não avançam na compreensão da ligação química além de transferir este modelo de explicação para as ligações iônicas. Assim a regra do octeto é utilizada por muitos alunos como a razão para que as atrações e as reações químicas ocorram (TABER, 1998) e ao que parece também por professores, ideias estas transmitidas no processo de ensino.

Ao contrário do proposto na unidade didática elaborada pelo grupo colaborativo, a professora no final do processo aborda a temática de formação de íons e exclui parcialmente a temática das exceções à regra do octeto. A professora Larissa justifica a inclusão da temática da formação de íons:

CRfPLa3: Identificar os átomos que tendem a dar, receber e a compartilhar elétrons para formar uma ligação, o que permite introduzir o tema do tipo de ligação química

Na CoRe final, a professora manifesta as razões pelas quais, no início do processo formativo, identificava a não abordagem do tema das exceções na regra do octeto e no final do processo, aborda-o só de forma parcial, informando sobre a existência das mesmas, mas não aprofundando com a elaboração de exercícios que permitam desenvolver com maior clareza o tema.

CRfPLa12: Já tive a experiência de alguns anos atrás de ensinar o tema e propor exercícios aos alunos, e quando eles não conseguiam fazê-los relacionavam que era uma exceção. Eu menciono que existem exceções à regra do octeto, mas esclareço que só vamos realizar exercícios em que não ocorrem exceções, e que todos podem ser desenvolvidos.

Além das exceções à regra do octeto, a professora Larissa ratificou na CoRe final outros conhecimentos relacionados às ideias centrais, que manifestou conhecer, mas não desenvolveu. Entre elas cita-se:

CRfPLa13: As diferentes valências que pode tomar um átomo, no tema de formação de íons.

CRfPLa15: O tema dos ângulos de ligação e a geometria molecular no tema dos tipos de ligação química.

Finalmente, cita-se uma das reflexões da professora sobre a percepção que teve sobre o processo desenvolvido, que permite inferir que a professora reconheceu que o processo formativo e a unidade didática construída em grupo produziram uma contribuição ao permitir integrar melhor as temáticas e dar uma maior organização e coerência ao ensino da ligação química:

CRfPLa41: Eu acho que o ensino da ligação química é agora mais organizado, temos uma ordem mais lógica e prática que a realizada anteriormente, permitindo uma melhor compreensão ao aluno [...] As atividades de tipo prático realizadas, como o experimento da reação do sódio em água foram

muito boas e agradaram muito aos estudantes [...] Para mim como professora sinto que se tem adquirido novos elementos e estratégias de ensino, a unidade que elaboramos dá uma ordem e a possibilidade de abordar mais aspectos no tema e que sejam melhor organizados, não como temas isolados que não se relacionavam.

Ainda na narrativa anterior, a análise dos conhecimentos e crenças sobre o currículo apresentado pela professora Larissa ao final do processo, permite concluir que o processo formativo desenvolvido não repercutiu para a professora em mudanças significativas no aspecto curricular.

A professora estruturou sua prática por aproximadamente 22 anos de experiência, numa proposta curricular de seleção, sequência e organização dos conteúdos para o ensino de diferentes conceitos como o caso da ligação química. A contribuição do processo de formação parece estar centrada mais em relação a outros componentes, como o de estratégias de ensino, com atividades que se incorporam à sua proposta de ensino, como foram as experiências de tipo prático. Estas contribuições permitiram à professora desenvolver a proposta final que ela percebeu ser mais coerente e organizada. Neste sentido, reconhece-se uma contribuição do processo formativo a seu PCK ao permitir processos reflexivos que levaram a reconhecer e aplicar novas propostas de atividades que enriqueceram sua prática de ensino.

#### *4.2.3. Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências.*

**Que conhecimentos sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências são revelados no PCK da professora Larissa no começo do processo formativo?**

Este componente corresponde ao conhecimento da professora Larissa sobre os estudantes, para ajudá-los a desenvolverem seus conhecimentos sobre a ligação química, o que inclui conhecimento dos requisitos para a aprendizagem e das dificuldades na compreensão da ligação química (MAGNUSSON et al., 1999).

As principais dificuldades na compreensão identificadas pela professora Larissa no ensino da ligação química, em função de cada temática, são apresentadas no quadro 26 (questão 4 da CoRe inicial).

**Quadro 26.** Respostas à questão da CoRe inicial da professora Larissa

Representação do Conteúdo (CoRe) da Professora Larissa (P2)					
Questões	Ideias centrais no tema de ligação química nas quais se divide seu ensino				
	Propriedades Periódicas	Regra do octeto	Formação de íons	Estrutura de Lewis	Classificação da ligação química
4. Quais são as dificuldades / limitações relacionadas com o ensino desta ideia?	O conceito de energia de ionização e afinidade eletrônica não fica claro, além disto esquecem como varia a propriedade periódica nos grupos e períodos da tabela periódica. CRiPLa13	Os alunos esquecem que o grupo da tabela periódica indica o número de elétrons da camada de valência e o número de elétrons que podem compartilhar ou transferir numa ligação. Os alunos não identificam os elétrons que fazem parte da ligação. CRiPLa14	Os alunos relacionam sempre o signo + como ganho de elétrons e o signo - como perda de elétrons. Também acontece que como os elementos do grupo IVA tem quatro elétrons de valência, precisando 4 elétrons para completar o octeto, afirmam que a ligação não se pode fazer porque compartilham 4 elétrons. CRiPLa15	Não situam corretamente os elétrons de valência ao redor do símbolo do elemento, pelo qual não se diferenciam as ligações simples, duplas ou triplas. CRiPLa16	É difícil compreender a ligação covalente coordenada. Também afirmam que se a ligação completa oito elétrons é iônica do contrário é covalente. CRiPLa17

Fonte: Autor.

Em concordância com a informação da CoRe, na temática propriedades periódicas a professora reconhece que os conceitos de afinidade eletrônica e energia de ionização tendem a ser confusos para os estudantes. Além disso, identifica nos estudantes dificuldade na compreensão sobre como variam as propriedades nos grupos e períodos da tabela periódica (CRiPLa13).

Nos relatos narrativos identificou-se a compreensão da professora sobre estas dificuldades, razão pela qual suas aulas começam com uma revisão do estudo do átomo seus modelos, estrutura, configuração eletrônica e relação com a tabela periódica, a fim de abordar estas temáticas, como se identifica na narrativa que segue:

RNPLa1: A professora começa a explicar o tema dos modelos atômicos elaborando uma revisão dos primeiros modelos até o modelo atômico atual, para explicar melhor os conceitos de nível e subnível de energia, configuração eletrônica e orbitais. A professora afirma que: "se não começar por lembrar estes temas os estudantes ficariam perdidos no tema. Embora esta temática não seja nova para os estudantes e que tenha sido estudada neste e em outros cursos, para alguns alunos este tema é desconhecido, pois eles têm pouca retenção". Referindo-se sobre a aprendizagem não significativa deste tema, afirmando que alguns alunos esqueceram do mesmo.

A professora Larissa identifica na CoRe inicial como conhecimento sobre o pensamento dos alunos que influenciam o ensino dessa ideia, as temáticas: modelos atômicos, configuração eletrônica, conhecimento e uso da tabela periódica (CRiPLa18).

Em particular em relação ao uso da tabela periódica, a professora identifica como dificuldade o desconhecimento dos estudantes sobre as relações entre os grupos da tabela periódica e os elétrons de valência; apresentam confusão entre os grupos e períodos da tabela periódica e confundem o hidrogênio com um metal, devido a sua posição na tabela periódica, portanto, acham que este forma apenas ligações de tipo iônico (CRiPLa19).

Em relação à regra do octeto, a professora Larissa reitera que os estudantes não estabelecem uma relação entre o grupo no qual se situa o elemento e os elétrons da camada de valência, razão pela qual apresentam dificuldade para reconhecer os elétrons que participam da ligação química (CRiPLa14, CRiPLa15).

Nos relatos narrativos da professora sobre suas aulas são explicitadas estas dificuldades e a forma pela qual a professora as aborda em sala de aula:

RNPLa11: A professora apresenta aos estudantes uma atividade na qual pretende-se representar a ligação entre dois átomos, considerando que um deles é do grupo I e o outro grupo VII da tabela periódica, e que ao ligar esses dois átomos ambos completam oito elétrons na camada de valência. Assim, com os estudantes se propõe que para representar a ligação se desenhem os modelos de ambos os elementos um na frente do outro, de modo que se possa representar a transferência de elétrons. A formação da ligação iônica é explicada mostrando que se completam oito elétrons cumprindo a regra do octeto através da transferência de um elétron de um átomo a outro.

Novos exercícios são feitos envolvendo não só os elementos pertencentes ao Grupo IA e VIIA da tabela periódica, também são propostos utilizando o grupo IA e VIA. Nesse momento, um aluno que tenta realizar a atividade no quadro, manifesta dificuldade para representar a ligação, então, a professora pergunta: quantos elétrons são necessários para completar o octeto? Sugerindo a transferência de dois elétrons de dois átomos do Grupo 1 como pode ser o caso de potássio (K) e enxofre (S). Esta ilustração permite que o aluno elabore o exercício e consiga realizar outros semelhantes.

Na temática da formação de íons, a professora afirma que os alunos confundem quando um elemento ganha ou perde elétrons com a carga adquirida pelo íon que se forma. Segundo a Posada (1999) os expoentes usados na notação dos íons são mal interpretados por muitos estudantes, que os consideram como sub índices ou prótons ganhos no caso dos cátions (POSADA, 1999). Assim, a compreensão do conceito é difícil ou mesmo incompreensível para muitos alunos e, ao invés da compreensão, promove-se a memorização irreflexiva e acrítica.

Para este autor o conceito “íon” é um conceito complexo que não é assumido pela maioria dos estudantes. Na compreensão de este conceito é preciso uma diferenciação progressiva em relação ao conceito de átomo, integrando as concepções espontâneas que se apresentem, assim como gerando insatisfação com os conceitos de Átomo e Molécula do aluno, a fim de levar à incorporação do conceito íon em sua estrutura cognitiva.

Outra das dificuldades identificadas pela professora tem relação com as representações de Lewis. Para a professora Larissa os estudantes não situam de forma adequada os elétrons na representação de Lewis, dificultando a diferenciação dos tipos de ligações em relação ao número de elétrons compartilhados (CRiPLa16, CRiPLa19). A forma pela qual a professora identifica e aborda esta dificuldade em sala de aula é reconhecida no seguinte relato narrativo

RNPLa19: Na explicação sobre como representar as ligações Químicas através de estruturas de Lewis algumas dúvidas foram esclarecidas. Enfatiza-se que o aluno deve procurar uma estrutura simétrica na representação de Lewis. A maior parte das perguntas dos estudantes referem-se à localização dos elementos dentro da representação de modo que os elétrons completaram adequadamente o octeto, os estudantes tendem a ocupar todos os elétrons de valência na formação de ligação, por isso a regra do octeto não é cumprida. Por exemplo, eles tendem a colocar o hidrogênio no meio e juntar dois oxigênios, sem conservar o octeto.

Explica-se que, antes de elaborar a estrutura, deve-se fazer uma análise de cada elemento, observando quantos elétrons têm e como se pode ligar. Às vezes, a estrutura proposta atende a regra do octeto, mas não é a estrutura certa; ainda assim, o trabalho do aluno é aceito e explica-se que enquanto sua representação atende a regra, não é adequada de acordo com o que é observado pelos cientistas em suas investigações.

Como se pode reconhecer nesta narrativa, a professora identifica a dificuldade na elaboração de representações de Lewis que seguem a regra do octeto, enfatizando em suas explicações a análise do número de ligações que pode realizar cada elemento no cumprimento da regra do octeto, chamando a atenção para a simetria como uma regra para elaborar a representação. Com estas orientações, alguns alunos conseguem elaborar

estruturas que satisfazem ambas as condições, mas que não são a estrutura adequada, aceita pela professora, mas, com a explicação de que na pesquisa científica tem-se observado outra estrutura.

Kind (2004) alerta sobre a excessiva confiança que tem os professores do ensino secundário ao utilizar a regra do octeto para a determinação de fórmulas e ligações, no olhar de este autor este aspecto gera dificuldades no ensino e a aprendizagem da ligação iônica, porque tendem a usá-la na determinação das fórmulas de todos os compostos.

Na análise dos conhecimentos da professora encontramos que tenta utilizar a regra do octeto na explicação da ligação química e na determinação de fórmulas, no qual encontra numerosas limitações, frente às quais não apela a outras explicações sobre a ligação química relacionadas com a maior estabilidade conferida pela formação da ligação, em relação aos átomos isolados. Neste sentido, a regra do octeto é vista como uma regra infalível o que revela dificuldades na compreensão da ligação química pela professora e permite prever a transmissão destas dificuldades no processo de ensino.

De modo similar, a professora identifica que surgem dificuldades na compreensão da ligação covalente coordenada:

RNPLa16: No ensino dos tipos de ligação covalente, a professora indica que para os alunos é mais difícil compreender a ligação química coordenada, pelo que explica com ênfase especial este tema tentando deixar claro.

Ao explicar a professora utiliza a seguinte regra: os elementos do grupo VA vão fazer três ligações normais e as adicionais são coordenadas, os elementos do grupo VIA fazem duas ligações normais, e as adicionais são coordenadas, os elementos do grupo VIIA fazem uma ligação normal e as adicionais são coordenadas.

Nesta narrativa, a professora justifica as dificuldades que podem apresentar os estudantes para compreender a ligação covalente coordenada. Utiliza uma regra mnemônica para que o aluno represente, utilizando estruturas de Lewis, este tipo de ligação.

No tocante à professora Larissa apesar de apresentar conhecimento sobre as dificuldades de compreensão dos estudantes, notamos que muitas destas dificuldades também se encontram presentes no conhecimento da professora, pelo que estas dificuldades poderiam estar sendo transmitidas no processo de ensino. Fundamentalmente estas dificuldades se relacionam com o uso da regra do octeto como regra infalível na explicação da ligação química e desconsiderar o ensino da ligação química a partir da ideia da estabilidade energética e o ensino das exceções da regra do octeto.

Assim fica a questão, da possibilidade que estes conhecimentos sejam enriquecidos com a incorporação de novos elementos na prática da professora, a partir da proposta de formação desenvolvida.

### **Que conhecimentos sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências são revelados no PCK da professora Larissa no desenvolvimento do processo formativo?**

No desenvolvimento do processo formativo a professora teve a oportunidade de refletir no grupo focal de trabalho, sobre as diferentes temáticas relacionadas ao ensino da ligação química, a partir da perspectiva da modelagem como estratégia didática.

Uma das reflexões da professora está relacionada com as ideias prévias do estudante e a importância delas para a aprendizagem, a relação entre o conhecimento ensinado e a vida cotidiana, a relação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, de modo que o novo conhecimento seja potencialmente significativo, promovendo a mudança ou modificação das ideias prévias.

RNPLa2: O estudante chega na aula com ideias prévias que nem sempre são verdadeiras ou reais, mudá-las é muito complicado, é preciso chegar ao estudante com situações cotidianas para que o conhecimento seja significativo.

Ainda que a professora reconheça como importante este aspecto, manifesta que em alguns temas é difícil estabelecer uma relação com o cotidiano do estudante, evidenciado no texto:

RNPLa6: Há temáticas que são muito difíceis de se relacionar com a vida cotidiana e dar exemplos, e existem outras mais simples.

Outro aspecto ligado ao conhecimento do professor sobre a aprendizagem dos estudantes está relacionado com os estilos de aprendizagem, visual, auditivo e cenestésico. A este respeito Dunn e Dunn (1978) consideram os estilos de aprendizagem como a forma como os estímulos básicos afetam a capacidade de uma pessoa de absorver e reter a informação. A professora identifica que o estilo de aprendizagem do aluno é determinante no processo de aprendizagem, como se reconhece na narrativa abaixo:

RNPLa10: Os professores, temos que considerar como os alunos aprendem melhor, por exemplo, eu sou mais visual do que auditiva e eu aprendo melhor visualizando do que ouvindo.

Nesse sentido, a professora Larissa reconhece o potencial das atividades de construção e uso de modelos, ao afirmar que estas permitem aos estudantes a representação dos conceitos abstratos, como expressa no texto.

RNPLa17: Eu comentei a última vez que os alunos atualmente são muito visuais, eles não são tão auditivos como fomos nós, eles são muito visuais. Quando inicialmente explicamos os conceitos em forma oral, o estudante não coloca muito interesse, mas se você mostrar um modelo os alunos tornam-se muito mais interessados e eles começam a elaborar perguntas sobre o modelo [...] Então eu percebi que os alunos são extremamente visuais e um modelo ajuda para que o aluno compreenda o conceito.

Para a professora, esta perspectiva sobre o valor dos modelos se contextualiza no ensino da Química ao incluir a utilização dos modelos elaborados para visualizar em forma representativa entidades do nível submicroscópico dos átomos e moléculas, como expressa no texto:

RNPLa24: As atividades de modelagem são importantes para os alunos ao fazer essa relação dos conhecimentos com entidades abstratas, como átomos, moléculas que não são visíveis.

A aplicação da atividade de modelagem proposta pelo grupo colaborativo de professores, permitiu à professora reconhecer a dificuldade de relacionar os fenômenos às entidades submicroscópicas como átomos e moléculas, e o potencial das atividades de modelagem neste propósito, ainda que reconheça que nem todos os alunos conseguem alcançar este nível de compreensão do fenômeno, como expresso no texto:

RNPLa23: Ao desenvolver a atividade de modelagem, embora alguns estudantes se apresentassem motivados e construíssem suas explicações, chegando a conclusões sobre a condutividade nos modelos de compostos iônicos e covalentes, nem todos os estudantes conseguiram relacionar o fenômeno com sua explicação utilizando os modelos dos átomos e moléculas[...] embora os estudantes tenham manifestado grande interesse na experiência realizada, no momento de ter que explicar e consolidar a explicação, não apresentaram a mesma motivação. O momento de demanda cognitiva não é aceito de forma igual para todos.

A atividade de modelagem permitiu também reconhecer outros conceitos que geram dificuldade no estudante como o caso da ligação metálica, como expressa no texto

RNPLa24: A atividade de modelagem levou a que os estudantes tivessem que explicar a condutividade elétrica dos metais no estado sólido, os alunos tiveram dificuldade em explicar a ligação metálica e como esta possibilita a condutividade, assim que a professora assumiu a explicação deste assunto,

utilizando o modelo elaborado na aula anterior e contextualizando com o observado na prática.

A professora também identifica em suas narrativas as dificuldades que se derivam da linguagem nas aulas de Ciências, em particular quando existem ideias alternativas, que são de difícil modificação e que geram confusão com os novos conceitos ensinados; em particular faz referência à confusão que geram os conceitos de ânion e cátion, como expresso no texto

RNPLA27: Os estudantes tem uma pobre linguagem da Ciência, quando o estudante chega ao primeiro ano de ensino médio e são apresentados termos científicos, eles não tem clareza sobre o que se está falando, como eles parecem ter uma ideia diferente em suas mentes, pelo qual o ensino se torna difícil [...]. Estas ideias são difíceis de modificar, por exemplo quando se explica o tema de íons e se explica que o íon positivo perdeu elétrons e que o íon negativo ganhou elétrons, para o estudante é confusa esta relação entre a carga do íon e a ideia de perder ou ganhar elétrons, já que tem uma ideia em sua mente que relaciona o sinal positivo com ganho e o sinal negativo com perda.

A professora reconhece nas atividades de modelagem um potencial, ao permitir que os estudantes entendam a mesma ideia que se deseja transmitir permitindo atender os problemas da ambiguidade na linguagem, expresso no texto

RNPLa17: Eu entendo que os estudantes são predominantemente visuais e um modelo ajuda a que o estudante entenda o conceito. O professor tem 40 estudantes em sala de aula, é difícil que o que eu quero dizer seja entendido da mesma maneira por todos os estudantes, cada estudante entende em concordância com seus conhecimentos prévios e sua experiência de vida. Quando eu expliquei em forma oral os estudantes podem imaginar diversas coisas; ao contrário, se eu mostrar o modelo, de alguma forma se pode unificar uma ideia, o que é um dos princípios básicos do ensino da Ciência que quando colocamos um problema ou uma situação que todos possam compreender por igual.

A professora identifica o potencial das atividades de modelagem na compreensão dos estudantes, indicando que estes permitem transmitir uma ideia mais clara dos conceitos que se deseja ensinar, em contraste com a simples explicação oral. Segundo a perspectiva da professora Larissa, o uso de modelos no ensino diminuiria a possibilidade de que o aluno construa ideias alternativas derivados da explicação oral do professor.

É importante salientar que está utilidade dos modelos é pensada sob a ideia de que o modelo proposto pelo professor é o verdadeiro, e não construído pelos alunos, como resultados de suas atividades, nesse sentido pode-se inferir a ideia do uso de modelos no

ensino para reforçar a aprendizagem de tipo memorístico que se privilegia no processo de ensino.

**Que conhecimentos sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências são revelados no PCK da professora Larissa no final do processo formativo?**

O conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências, é evidenciada no final do processo na unidade didática construída pelo grupo de professores e na CoRe final da professora Larissa. A interação entre estes dois instrumentos permitiu reconhecer novos elementos do desenvolvimento do PCK evidenciado no início do processo.

Em relação à unidade didática, um dos pontos desta construção corresponde à análise didática, que compreende o reconhecimento das ideias prévias dos estudantes em torno do conceito da ligação química, a exigência cognitiva dos conteúdos propostos e as implicações no processo de ensino.

Em relação às ideias dos estudantes sobre o conceito de ligação química o grupo focal elaborou um resumo dos pontos reconhecidos no artigo estudado “Concepções dos estudantes sobre a Ligação química (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006)”. Pode-se considerar que incluir este resumo é um avanço na proposta do grupo de professores, já que estão reconhecendo e incluindo os aportes da pesquisa em Ensino de Ciências para a elaboração da proposta didática, um dos objetivos fundamentais do processo de formação.

Além disso, os professores refletiram sobre as implicações do conhecimento destas ideias para o ensino, sobre as quais se ressaltam as seguintes:

UDGF1: A ligação química é uma temática que apresenta dificuldade para os alunos, para a sua compreensão devem ficar claros temas de configuração eletrônica, propriedades periódicas, especialmente eletronegatividade, estrutura atômica e modelos atômicos. Os estudantes neste nível de ensino só têm uma compreensão parcial do modelo de Bohr e da noção de orbital e de espaço probabilístico.

Aqui se reafirmam os requisitos já identificados pela professora Larissa para o ensino da ligação química que se relacionam e se complementam nas narrativas identificadas na questão 5 da CoRe final. Estas correspondem a identificação dos conhecimentos que influenciam o ensino de cada ideia relacionada ao ensino da ligação química, resumidas no quadro 27.

**Quadro 27.** Respostas à questão N° 5 da CoRe final da professora Larissa

5. Que conhecimento sobre o pensamento dos alunos influenciam seu ensinamento dessa ideia?				
Propriedades Periódicas	Regra do octeto	Formação de íons	Estrutura de Lewis	Classificação da ligação química
Os estudantes apresentam problemas com o modelo atômico quântico de Bohr, o que dificulta a compreensão da configuração eletrônica CRfPLa21	Configuração eletrônica, adequada manipulação da tabela periódica e a relação entre a configuração eletrônica e a tabela periódica CRfPLa22	Conceito de massa atômica, número atômico, estrutura do átomo, número de prótons, elétrons e nêutrons CRfPLa23	Dificuldade em identificar os elétrons da camada de valência CRfPLa24	É preciso ter clareza nos temas de formação de íons, configuração eletrônica e regra do octeto CRfPLa25

Fonte: Autor

Os professores no grupo colaborativo, através da análise didática, reconhecem o nível de abstração e a complexidade dos conceitos associados à ligação química, e justificam sua proposta didática centrada no marco da regra do octeto, como expresso no trecho:

UDGF2: Dado o nível de complexidade envolvido na compreensão deste conceito e seu desenvolvimento, o marco de referência a partir do qual tem se explicado é a estruturas de Lewis a regra do octeto. Sendo cientes das limitações deste marco, acreditamos que continua sendo importante, enquanto avançar em explicações mais complexas como a teoria orbital molecular envolveria conhecimentos mais avançados que os alunos não possuem e que seria difícil de conseguir no curto tempo que temos.

Embora restringir o ensino da ligação química ao marco da regra do octeto tenha sido um dos elementos da discussão do processo formativo, os professores justificam as possibilidades da regra do octeto ao permitir discutir a estabilidade energética estudando o caso dos gases nobres, e complementam propondo estudar algumas estruturas Químicas que evidenciam as limitações da regra do octeto, como expressa no texto

UDGF3: A formação de octeto permite discutir a questão da estabilidade da energia presente nos gases nobres, que é a base para explicar a estabilidade na formação de ligações. Torna-se importante também ensinar as limitações da regra do octeto para explicar algumas estruturas Químicas que podem servir para discutir explicações alternativas à regra do octeto e deixar claro que está só explica alguns casos, e que existem outras explicações para a ligação química.

Através da CoRe final a professora Larissa reafirma as dificuldades já evidenciadas no início e no desenvolvimento do processo formativo. Além disso, adiciona uma dificuldade relacionada ao entendimento do aluno sobre a representação do retículo cristalino na ligação iônica, como expressa no texto

CRfPLa20: [...] os estudantes concebem que a ligação iônica se apresenta entre um átomo de Cl e um de Na ignorando a formação do retículo cristalino.

Ao explicar o tema utilizando um desenho do modelo do retículo cristalino no NaCl, alguns estudantes acreditam que um grão de sal está composto por um traço do retículo cristalino representado.

Em geral, os estudantes não conseguem imaginar a quantidade de moléculas ou átomos que contém uma determinada quantidade de substância, por exemplo o número de moléculas presentes num copo de água.

Através desta narrativa identificam-se duas dificuldades apresentadas pelos alunos, apontadas pela professora Larissa, que dificultam o ensino e aprendizagem do conceito de ligação química. A primeira é a dificuldade de como é entendida a ligação iônica; a maior parte dos estudantes acredita que o cloreto de sódio NaCl existe como uma entidade formada por um único par iônico de NaCl, e não reconhecem a formação do retículo cristalino (TAN; TREAGUST, 1999; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006).

A segunda dificuldade identificada pela professora Larissa na narrativa transcrita é a confusão quando, ao fazer uso dos modelos para explicar aspectos do nível submicroscópico envolvendo átomos e moléculas, o aluno chega a confundir-se e a relacionar estes modelos com o que ele observa a nível macroscópico. Para alguns alunos o mundo microscópico tem as mesmas características que o macroscópico, só que apresenta tamanho reduzido (POSADA, 1993; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006).

Finalmente, apresenta-se a seguinte síntese do processo elaborado pela professora Larissa relacionada ao PCK sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências. A professora Larissa revelou no começo do processo, um valioso conhecimento sobre as dificuldades e pré-requisitos de aprendizagem que podem apresentar os alunos no desenvolvimento das temáticas relacionadas ao ensino da ligação química. Através do processo reflexivo apresentou-se a possibilidade de ampliar o conhecimento identificado inicialmente e de reconhecer e elaborar novos conhecimentos relacionados com a modelagem como estratégia didática no ensino da ligação química.

O processo reflexivo revelou novos conhecimentos da professora, como a importância de considerar nos processos de ensino as ideias prévias do estudante, as

dificuldades de relacionar os conhecimentos com o cotidiano e a importância de considerar no ensino, os estilos de aprendizagem dos alunos. Em relação à modelagem como estratégia no ensino da ligação química, a professora elaborou reflexões em torno do potencial das atividades de construção e uso de modelos, ao permitir visualizar através de um modelo conceitos abstratos, como átomo, molécula e ligação química. Além disso, a professora elaborou reflexões sobre o valor dos modelos na comunicação das ideias aos estudantes, além das dificuldades que apresentam os alunos na interpretação dos fenômenos e o valor da modelagem em função deste propósito.

No final do processo formativo reconhece-se que a professora Larissa, ao abordar o ensino da ligação química, identifica novos elementos relacionados ao conhecimento sobre a aprendizagem dos estudantes, como os desafios e dificuldades que se podem apresentar com o uso dos modelos no ensino da ligação química, além de identificar outros aspectos que resultam ao incorporar novos conceitos à sua proposta acadêmica, como o conceito de retículo cristalino, que estava ausente em sua proposta inicial, que foi discutido e sobre o qual se refletiu durante o processo formativo.

O exposto anteriormente permite reconhecer que o PCK da professora Larissa no componente sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências encontra-se em desenvolvimento, que foi favorecido nos processos de reflexão, discussão e construção de conhecimento no coletivo de professores.

#### *4.2.4. Conhecimento sobre avaliação em Ensino de Ciências.*

### **Que elementos se revelam sobre a avaliação em Ensino de Ciências no PCK da professora Larissa no início e no desenvolvimento do processo formativo?**

Com base na perspectiva de Magnusson et al. (1999) o componente avaliação está conformado por duas categorias: conhecimento das dimensões da aprendizagem das Ciências que são importantes de avaliar, e conhecimento dos métodos pelos quais a aprendizagem pode ser avaliada.

Em relação a este componente a professora Larissa revelou em suas respostas à CoRe que a avaliação é desenvolvida em consonância com as atividades de ensino aprendizagem desenvolvidas. As atividades de avaliação identificadas pela professora Larissa são relacionadas como segue:

CRiPLa21: Se Avalia com:

1. Exercícios em duplas nos quais se solicita que:
  - Propostos vários elementos químicos se organizam de maior a menor em concordância com sua eletronegatividade.
  - Identificar na tabela periódica metais e não metais
2. Avaliações individuais nas quais se propõe
  - Realizar estruturas de Lewis
  - Representar ligações
  - Classificar íons.
  - Classificação de substâncias em relação ao tipo de ligação química.

Um aspecto interessante observado foi que a professora diferencia atividades de avaliação em duplas e individuais; nas atividades desenvolvidas em duplas a professora desenvolve uma estratégia que tenta garantir que ambos os estudantes participem da elaboração do trabalho a avaliar, como se reconhece na seguinte narrativa

RNPLa6: Os alunos desenvolvem exercícios propostos no guia didático, em duplas, cada um dos estudantes deve escrever e desenvolver os exercícios em seu caderno, no final da atividade qualquer um dos cadernos da dupla de estudantes é convocado para avaliar o desenvolvimento da atividade, a nota obtida neste workshop é igual para ambos estudantes.

Como podemos observar, a estratégia utilizada, além de avaliar os conhecimentos ensinados, avalia o trabalho em equipe, uma vez que a qualificação final depende do trabalho de ambos os estudantes. A avaliação desta dimensão atitudinal da aprendizagem, o trabalho em equipe, é reiterada em outras narrativas, nas que também se identifica o caderno do estudante como instrumento de avaliação.

RNPLa20: Nesta aula, o trabalho dos alunos é avaliado com base em seu desempenho dentro da equipe, seja como monitor no caso dos estudantes destacados, ou no desenvolvimento de exercícios com ajuda do monitor, no que é importante o trabalho evidenciado no caderno.

A professora Larissa, em sua atividade didática, também desenvolveu algumas estratégias de avaliação individual, como a resolução de exercícios no quadro e avaliações escritas.

Em particular, foi desenvolvido um teste que é aplicado no final do desenvolvimento do tema (Anexo 4). Esta avaliação caracterizou-se por focalizar o aspecto conceitual, apresentada no formato de questões de múltipla escolha com uma única resposta, semelhante às utilizadas nas provas de avaliação externa aplicadas pelo Estado na avaliação nacional dos alunos.

O sentido de elaborar este tipo de provas é familiarizar ao estudante com o tipo de pergunta da prova externa. Levando em consideração a crescente importância que têm assumido os resultados de estas provas na valoração da qualidade da educação no país, e em particular sobre os recursos destinados à escola pelo Estado, existe uma preocupação dos professores por obter resultados nas provas, pelo que apelam ao treinamento no uso de questões similares como estratégia para melhorar os resultados.

Assim, o teste elaborado pela professora avalia principalmente aspectos relacionados à compreensão do conceito, como são o uso das estruturas de Lewis, a identificação do tipo de ligação que formariam os elementos segundo sua configuração eletrônica e a classificação da ligação química, utilizando os valores de eletronegatividade, aspectos sobre os quais a professora faz ênfases em seu processo de ensino.

Em um estudo sobre as concepções dos professores sobre a avaliação no Ensino de Ciências, Alonso, Gil e Martínez (1999) identificaram que na maioria dos casos persiste nos professores uma concepção sobre a avaliação associada ao ensino por transmissão de conteúdo, na qual o que importa é avaliar se o conteúdo foi transmitido da maneira mais precisa. A orientação que fundamenta esta dinâmica se caracteriza por "medir" a aprendizagem do aluno acumulando resultados parciais relacionadas com o grau de aquisição de alguns objetivos que são avaliadas em cada teste. A avaliação é considerada externa, ou fora do processo de ensino-aprendizagem.

Na análise dos conhecimentos e práticas avaliativas da professora Larissa, no começo do processo formativo, identifica-se uma concepção de avaliação com elementos relacionados a esta perspectiva ligada ao enfoque tradicional por transmissão de conteúdo. Contudo, ainda com um enfoque tradicional, existe uma relação coerente entre as estratégias de ensino utilizadas, os objetivos de aprendizagem propostos para o aluno e os métodos de avaliação utilizados.

No desenvolvimento do processo formativo foi proposto pelo coletivo de professores a elaboração de uma atividade de modelagem dos fenômenos no ensino da ligação química, para propiciar a reflexão em torno desta estratégia didática na sala de aula.

A atividade proposta pelo grupo focal consistia numa prática onde se reconhecem diferentes propriedades físicas, como a solubilidade e a condutividade elétrica em substâncias covalentes, iônicas e metálicas; a partir desta prática, os estudantes

construíram modelos para representar o acontecido que seriam utilizados para explicar as propriedades das substâncias.

A professora Larissa menciona a avaliação desta atividade através da elaboração de informes, construção de modelos e através de exposições sobre os modelos, na seguinte narrativa das aulas nas quais foram elaboradas as atividades de modelagem

RNPLa22: Na aula foram revisados os modelos construídos e se realizaram exposições dos mesmos. Na exposição se solicitou para os alunos explicarem por que escolheram esse tipo de modelo, e utilizando o modelo explicar a condutividade elétrica das substâncias utilizadas na prática de laboratório [...]

RNPLa23: Embora alguns estudantes se apresentassem motivados e construíram suas explicações, chegando a conclusões sobre a condutividade nos modelos de compostos iônicos e covalentes, nem todos os estudantes conseguiram relacionar o fenômeno com sua explicação utilizando modelos dos átomos e moléculas [...] embora os estudantes manifestassem grande interesse na experiência realizada, no momento de ter que explicar e consolidar a explicação não apresentaram a mesma motivação. O momento de demanda cognitiva não é aceito de forma igual por todos.

Como se reconhece na narrativa anterior, a professora utiliza os modelos elaborados para avaliar a aprendizagem dos estudantes, solicitando aos alunos que expliquem o fenômeno utilizando os modelos. Além disso, a atividade de Modelagem possibilita avaliar outra dimensão atitudinal, como é a motivação à aprendizagem.

A reflexão sobre este tipo de atividades e sua aplicação na sala de aula pode possibilitar o desenvolvimento no componente do PCK sobre a avaliação da aprendizagem nos alunos, que se identifica nas ações desenvolvidas usando modelos e na avaliação da atividade de modelagem.

Contudo, é preciso identificar no final do processo como a professora Larissa incorpora estes novos elementos da avaliação ligada à modelagem em sua proposta didática.

### **Que elementos se revelam sobre a avaliação em Ensino de Ciências no PCK da professora Larissa no final do processo formativo?**

Através da CoRe elaborada no final do processo pode-se reconhecer uma tendência similar à observada na CoRe inicial, no tocante a uma visão da avaliação em diferentes momentos do processo de ensino e o uso de diferentes métodos de avaliação. As

estratégias de avaliação identificadas pela professora na CoRe final são relacionados no quadro 28

**Quadro 28.** Estratégias de avaliação identificadas na CoRe final

8. Quais são as formas específicas de avaliação da compreensão ou confusão dos alunos sobre essa ideia?				
Propriedades Periódicas	Regra do octeto	Formação de íons	Estrutura de Lewis	Classificação da ligação química
A temática propriedades periódicas é avaliada com exercícios nos quais solicita-se que os estudantes organizem diferentes elementos químicos em uma ordem crescente de potencial de ionização, eletronegatividade, tamanho atômico e afinidade eletrônica. Nestes exercícios utiliza-se canetas de cores para diferenciar os elementos comparados. CRfPLa36	Na avaliação deste tema se pretende identificar como aplicam a regra do octeto, estabelecendo possíveis ligações entre elementos. Avalia-se a elaboração de exercícios no quadro, para motivar a participação dos alunos. Também, avalia-se os exercícios que elaboram em duplas para valorar o trabalho em equipes. CRfPLa37	Na avaliação deste tema se pretende identificar como aplicam a regra do octeto estabelecendo possíveis ligações entre elementos. Avalia-se a elaboração de exercícios no quadro, motivando a participação dos alunos. Também, avalia-se os exercícios que elaboram em duplas para valorar o trabalho em equipes. CRfPLa38	Os estudantes localizam na tabela periódica quais elementos formam cátions e ânions, isto se avalia em exercícios em aula e na avaliação escrita final, além de ser aplicado na atividade prática que é aproveitada para afiançar este conhecimento. CRfPLa39	Avaliou-se desenvolvendo uma oficina de exercícios em duplas, na qual solicitava-se aos alunos identificar e classificar a ligação química presente em diferentes substâncias. Além disso, este tema foi avaliado na prova escrita final. CRfPLa40

Fonte: Autor.

No quadro pode-se reconhecer que a professora identificou estratégias gerais que são utilizadas para diferentes temáticas, como a elaboração de oficinas de exercícios em duplas, as idas ao quadro e a revisão do caderno.

Os exercícios propostos aos alunos estão em direta relação com o propósito de aprendizagem contemplado para cada temática que desenvolve. Na perspectiva da professora, a aplicação do conhecimento ensinado em aula nos exercícios evidencia que o estudante está alcançando as aprendizagens esperadas, uma visão coerente com sua orientação ao ensino por transmissão de conteúdo.

Um aspecto a salientar é que a avaliação não ficou totalmente restrita aos aspectos conceituais; a professora Larissa valoriza na avaliação outras dimensões da aprendizagem, como a motivação, a participação em aula e o trabalho em equipe, como pode-se reconhecer quando valoriza a motivação do aluno para elaborar exercícios no quadro, e a valorização do trabalho em duplas.

Finalmente foi realizada uma avaliação escrita, com um formato de questões de múltipla escolha com uma única resposta; esta prova é utilizada para avaliar a integração dos conhecimentos abordados durante o ensino da ligação química na capacidade de resolver exercícios similares aos propostos em aula.

Ao comparar o PCK da professora Larissa identificado no começo, no desenvolvimento e no final do processo, pode-se reconhecer que no início e final do processo formativo apresenta-se um repertório similar de atividades avaliativas, com propósitos e metodologias semelhantes. Com base nessa perspectiva, não se reconhece um maior desenvolvimento neste componente, embora no desenvolvimento do processo formativo, a inclusão de uma atividade de construção e uso de modelos com um propósito avaliativo tenha revelado uma metodologia diferente na avaliação aplicada, relacionada com uso de modelos e a elaboração de explicações sobre o fenômeno da condutividade elétrica de substâncias com diferentes tipos de ligação.

Esta primeira aproximação da professora ao uso de modelos no ensino e, em particular na avaliação das aprendizagens, não teve continuidade no período acadêmico analisado no final do processo. Parte desta situação é justificada pelo fato da professora não haver conseguido desenvolver a atividade de modelagem nesse período, situação reconhecida pela professora, mas também identifica uma expectativa sobre o processo de modelagem

CRfPLa35 [...] o tempo não foi suficiente para fazer a modelagem, porque se apresentaram alguns dias feriadados, mas com aquele grupo de estudantes houvesse esperado a construção de modelos muito interessantes[...]

Mesmo com esta limitação, a professora desenvolveu na proposta analisada ao final do processo, duas atividades experimentais, que não foram aproveitadas na elaboração de atividades de modelagem para a explicação dos fenômenos, como expressa no texto

CRfPLa32: Inicialmente, uma atividade prática foi realizada, apresentando a reação do sódio metálico em água e o que acontece quando o cloreto de sódio é dissolvido em água, a questão proposta ao observar o fenômeno foi: porque a reação do sódio é tão violenta ao contato com a água a sal não reage? Em

seguida, muitos alunos tentaram determinar a relação entre o sódio (Na) que estava sozinho e o cloreto de sódio (NaCl) composto de Sódio (Na) e cloro (Cl), construindo hipóteses sobre o papel do Cloro para estabilizar o sódio (Na). Então eu comecei a construir a ideia de estabilidade. A atividade praticada agradou muito aos estudantes, a ideia de estabilidade tornou-se mais clara, os alunos desenvolveram hipóteses sobre a reação de outros metais do mesmo grupo na água, tais como potássio e frâncio. Iniciar o tema com esta breve atividade prática foi muito bom [...]

O desenvolvimento destas atividades de tipo experimental não representou maiores mudanças na avaliação desenvolvida ao final do processo. A íntima relação existente entre a orientação do professor ao ensino, os propósitos de ensino as atividades e a avaliação, se reconhece num conhecimento estruturado que dificilmente muda um dos componentes em forma isolada, é preciso uma abordagem reflexivo ainda maior no processo formativo sobre a modelagem como estratégia no Ensino de Ciências que permita reconhecer seu potencial na aprendizagem dos estudantes e a adoção de novas práticas avaliativas.

#### *4.2.5. Conhecimentos sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências.*

### **Que elementos se revelam sobre estratégias de ensino no Ensino de Ciências no PCK da professora Larissa no começo do processo formativo?**

Para Magnusson et al. (1999) este componente do PCK se traduz em duas categorias: conhecimento das estratégias gerais para o Ensino de Ciências e conhecimento de estratégias específicas para o ensino sobre um tópico das Ciências.

Em relação às estratégias gerais utilizadas na análise dos planos de aula da professora Larissa, identifica-se uma sequência com quatro tipos de atividades: i) atividades de exploração, que se caracterizam pelo reconhecimento dos saberes prévios do estudante; ii) atividades de formalização, que tem como propósito a conceitualização com o estudante; iii) atividades de execução, nas quais se procura a aplicação do conhecimento, e iv) atividades de avaliação, nas quais se faz acompanhamento da aprendizagem do estudante. O seguimento desta sequência em relação com os tipos de atividades é preestabelecido pela escola através do formato de plano de aula.

Levando em consideração os tipos de atividades propostas nos planos de aula, reconhece-se, nesta classificação das atividades, uma intenção da escola que a propõe e adota em orientar o ensino e aprendizagem num modelo construtivista. No contexto do Ensino de Ciências, considera-se que os conhecimentos são uma construção pessoal o

aluno adquire espontaneamente seus próprios conceitos dos fenômenos naturais que se lhe apresentam, sobre os quais trazem conceitos prévios à sala de aula, que devem ser explorados e analisados (DRIVER, 1988).

Na sequência didática, apresentada nos planos de aula da professora, propõe-se no começo das aulas o reconhecimento dos saberes prévios do estudante, para depois dar seguimento a outros tipos de atividades que permitam a conceptualização, aplicação e apropriação do conhecimento por parte do estudante. Os planos de aula seguidos pela professora no começo do processo formativo podem ser consultados no Anexo 5.

Os planos de aula, são a proposta de referência da professora, para sua atuação em sala de aula. Contudo, para identificar verdadeiramente o PCK da professora Larissa em relação às estratégias gerais para o Ensino de Ciências, é necessário apelar a outras fontes como os relatos narrativos de suas aulas e as narrativas presentes na CoRe inicial.

Neste último instrumento, pode-se reconhecer que a professora Larissa descreve sua atuação em sala de aula numa sequência definida pelos seguintes momentos

CRiPLa20: Aula magistral (para explicar o conteúdo do tema)  
 Perguntas (para ter uma ideia de que sabem e com que profundidade)  
 Exercícios sobre o tema (para aplicar o aprendido)  
 Resolver atividades do guia didático (sobre toda a temática)  
 Esclarecer e resolver as dúvidas apresentadas.  
 Avaliação com exercícios para resolver.  
 Avaliação de final de período.  
 Exercícios em pares, para que compartilhem conhecimentos.

Um exemplo da estratégia didática da professora se apresenta na seguinte narrativa de suas aulas:

RNPLa4: Ao desenvolver o tema de configuração eletrônica e sua relação com a organização dos elementos na tabela periódica, o professor faz a explicação no quadro, exercícios do guia didático são propostos e escritos no quadro, desafiando aos alunos a realizá-los, mas são poucos os que o fazem de forma independente [...]  
 De acordo com a configuração eletrônica se situam os elementos na tabela periódica e se relacionam as características de cada elemento a partir da sua configuração eletrônica e localização.  
 O desenvolvimento do tema continua com a elaboração de uma atividade sobre as características dos elementos metais e não-metais e sua localização nas diferentes regiões da tabela periódica.

Nesta narrativa, pode-se reconhecer que a primeira atividade da professora é a explicação oral do tema. Em seguida, são propostos exercícios para desenvolver no quadro, os quais encontram-se no guia didático. Esta atividade permite à professora

esclarecer dúvidas dos estudantes e, finalmente, são elaboradas novas atividades que permitem aplicar o aprendido e introduzir o novo tema.

O que foi dito anteriormente revela o conhecimento de estratégias gerais da professora Larissa, que objetivam a proposição de atividades que procuram apresentar o conhecimento com a maior clareza possível, além de atividades que permitam a aplicação deste conhecimento em oficinas de exercícios, os quais serão utilizados para avaliar a aprendizagem dos estudantes.

Em relação às estratégias específicas para o ensino da ligação química, Magnusson et al. (1999) caracterizam dois tipos de estratégias específicas: Representações e Atividades. Em relação à esta classificação, identifica-se nas narrativas da professora Larissa o conhecimento e desenvolvimento de atividades, que visam a representação da ligação química, a partir do uso de modelos em aula.

A professora utiliza modelos na explicação do tema, por exemplo, desenhando no quadro o esboço da tabela periódica para explicar como variam as propriedades, ou as representações dos átomos e para explicar a forma como ocorre a ligação química entre os elétrons da camada de valência, como se identifica nas narrativas abaixo:

RNPLa7: Na aula sobre propriedades periódicas, a professora explicou através de um diagrama no quadro onde se realiza um "esboço" da tabela periódica, explicando como variam a eletronegatividade, afinidade eletrônica, potencial de ionização, raio atômico. A professora definiu brevemente cada uma dessas propriedades e indicou no esquema em que direção aumenta ou diminui e as razões por que isso acontece, para depois fazer comparações entre elementos em relação a essas propriedades.

Por exemplo, apresentou o sódio e o cloro e se perguntou qual deles tem maior afinidade eletrônica e potencial de ionização.

O diagrama da tabela periódica permite a explicação e compreensão do tema propriedades periódicas, bem como introduzir conceitos tais como a formação de íons.

Por outro lado, para a professora, os modelos desenhados no quadro permitem a explicação do tema e desenvolvem uma dinâmica de aula na qual são explicadas e elaboradas questões aos estudantes para promover sua aprendizagem. Revela-se, então, na proposta da professora Larissa, o conhecimento sobre o uso de modelos no processo de ensino, como instrumento útil na explicação dos temas e na aplicação e avaliação dos conhecimentos explicados aos estudantes, como expresso nos textos

RNPLa11: A professora apresenta aos estudantes uma atividade na qual pretende-se representar a ligação entre dois átomos, considerando que um deles é do grupo I e o outro grupo VII da tabela periódica, e que ao ligar esses dois átomos ambos completem oito elétrons na camada de valência. Assim, com os estudantes propõe-se que, para representar a ligação, se desenhem os modelos de ambos os elementos, um na frente do outro, de modo que se possa representar a transferência de elétrons. A formação de ligação iônica é explicada mostrando que se completa oito elétrons cumprindo a regra do octeto através da transferência de um elétron de um átomo a outro.

Novos exercícios são feitos envolvendo, não só os elementos pertencentes ao Grupo I A e VII A da tabela periódica, também são propostos utilizando o grupo I A e VI A. Nesse momento, um aluno que tenta realizar a atividade no quadro, manifesta dificuldade para representar a ligação. Então, a professora pergunta: quantos elétrons são necessários para completar o octeto? Sugerindo a transferência de dois elétrons de dois átomos do Grupo 1 como pode ser o caso de potássio (K) e enxofre (S). Esta ilustração permite que o aluno elabore o exercício e consiga realizar outros semelhantes.

Assim, no conhecimento da professora Larissa, relaciona-se o uso de modelos como uma estratégia específica no ensino das temáticas relacionadas com a ligação química. Os modelos são utilizados na representação dos conceitos e facilitam a explicação e compreensão aos estudantes. Nas atividades de modelagem não se propõe a construção de modelos, estes são fornecidos prontos pelo professor e são recursos que têm o objetivo de facilitar a compreensão do conhecimento que se deseja ensinar, a partir da representação visual dos conceitos.

Esta característica do conhecimento da professora Larissa sobre os modelos e a modelagem pode ser analisada com mais detalhes através do questionário diagnóstico que foi aplicado previamente ao processo formativo.

Ao ser indagada sobre como define o termo modelo, a professora Larissa respondeu

QDPLa1: É uma representação gráfica mental para entender fenômenos, objetos, temas de estudo.

A definição da professora Larissa sobre modelo é muito limitada e só relaciona a ideia de modelo como representação no aspecto visual e de sua utilidade na compreensão dos fenômenos. As limitações de sua visão de modelo estão diretamente relacionadas com a ideia que apresenta de modelagem. Assim, ao ser questionada sobre a elaboração de atividades de construção de modelos com seus alunos, e que tipos de atividades desenvolvia, a professora Larissa manifestou-se,

QDPLa7: Eu elaboro, atividades de representações de células, átomos, ligações Químicas, sistemas e demais.

A visão da modelagem expressa pela professora Larissa é muito limitada se analisada em relação à perspectiva da modelagem proposta por Justi (2006), onde a modelagem é um dos aspectos fundamentais da Ciência, para quem

[...] a Ciência é um processo de construção de modelos com diferentes capacidades de previsão, esta definição permite ligar os processos e produtos da Ciência, entendendo por processo a elaboração e utilização de modelos como ferramentas de pensamento científico, e como produtos os modelos gerados por esses processos da Ciência (JUSTI, 2006, p. 176).

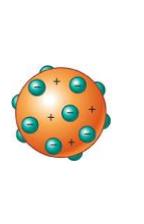
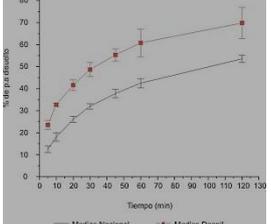
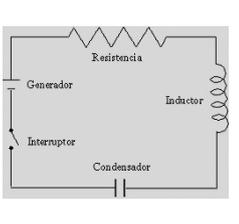
No Ensino de Ciências, Justi (2006) concebe a modelagem como: “um processo que ocorre quando os alunos aprendem a dar sentido aos fatos que observam, construindo relações e explicações cada vez mais complexas” (JUSTI, 2006, p. 178), o que implica no desenvolvimento de processos próprios da atividade científica no contexto da escola, como a observação de fenômenos, a indagação, a experimentação, a elaboração de hipóteses, construção de modelos, a comprovação, a argumentação, e a construção coletiva do conhecimento.

Na visão sobre modelagem da professora Larissa, não se relaciona a modelagem com o estudo dos fenômenos ou situações, numa estratégia que permita a construção de representações sobre estes fenômenos e a construção de explicações possíveis de serem colocadas à prova e utilizadas na argumentação para a construção coletiva do conhecimento.

No tocante aos tipos de modelos, ao analisar a noção de modelo como representação mental de tipo gráfico, a professora Larissa apresenta uma relação com a classificação dos modelos proposta por Chamizo (2006). Entre as diferentes classificações dos modelos, este autor se fundamenta na perspectiva cognitiva de Bruner (1967) onde os modelos na Ciência são classificados em dois tipos: icônicos e conceituais; nos primeiros, reconhecem-se como modelos aquelas imagens ou objetos de tamanho diferente a que representam: mapas, aviões e autos em escala, entre outros; os modelos conceituais estão relacionados com a linguagem, como é o caso das fórmulas matemáticas ou símbolos (CHAMIZO, 2006)

A professora Larissa define o modelo como uma representação mental de tipo gráfico, excluindo de sua visão os modelos conceituais. Este aspecto se confirma quando a professora deve identificar entre diferentes entidades, apresentadas nas figuras do Quadro 29, quais delas correspondem a modelos e quais não:

**Quadro 29.** Respostas da professora Larissa à questão na qual deve identificar entre diferentes entidades quais deles correspondem a modelos

	$d = \frac{m}{V}$			
<b>Respostas:</b>				
Sim: por que representa a maneira como um cientista concebeu um átomo	Não: Porque é uma formula que sempre será igual.	Sim.	Não responde.	Sim: é uma forma de representar um circuito.

Fonte: autor.

Observa-se, nas respostas da professora, que ela identifica como modelos imagens icônicas como o átomo, o microscópio e, ainda, modelos de processos como o circuito elétrico, mas não identifica como modelo a fórmula matemática que expressa o cálculo da densidade, ou um gráfico que representa relações entre variáveis. Este fato leva a reconhecer que a professora Larissa não reconhece como modelos alguns tipos de modelos conceituais, como os modelos matemáticos, que não associam definição de modelo com a sua concepção de modelo como representação gráfica.

Em relação às características reconhecidas por ela sobre os modelos, estas se relacionam com a identificação de seus componentes e sua capacidade explicativa para entender o funcionamento do objeto representado, o que é coerente com a forma com que utiliza os modelos em sala de aula, como ferramentas explicativas para facilitar a compreensão dos conceitos pelos estudantes. A partir deste referencial a professora Larissa relaciona a modelagem apenas com a elaboração de representações gráficas, com o propósito de explicar um conceito.

Isto é reiterado pela resposta dada quando se pergunta à professora Larissa se ela ensina o significado de um modelo e sua importância para o conhecimento científico.

QDPLa3: Sim, eu indico a meus alunos que os modelos facilitam o trabalho de aprendizagem e em sua memória serão armazenados mais tempo que a simples teoria.

Contudo, nas respostas da professora Larissa não se reconhecem elementos que permitam afirmar que relaciona a modelagem com os fenômenos e a construção de representações que permitem sua explicação, aspecto ausente em sua proposta de ensino. Uma das razões pode estar na falta de conhecimentos que permitam integrar a modelagem com o estudo dos fenômenos, mas também pode estar relacionado com uma visão dogmática e acrítica da Ciência que influencia diretamente sua orientação ao ensino.

Neste sentido, reconhece-se no questionário diagnóstico que, quando se questiona a professora sobre a relação entre os modelos conceituais da Ciência, os modelos mentais dos alunos e aos modelos ensinados nas aulas de Ciências, a professora não responde. Por isto, pode-se inferir que não reconhece estes marcos de referência, que permitem fundamentar a modelagem como proposta de ensino.

### **Que elementos se revelam sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências no PCK da professora Larissa no desenvolvimento do processo formativo?**

No processo formativo, à professora Larissa e ao coletivo de professores, se oportunizou a reflexão a respeito dos modelos e a modelagem no Ensino de Ciências, através de uma sessão na qual foi realizada a exposição de alguns fundamentos teóricos da modelagem e o desenvolvimento de uma atividade que permitiu refletir sobre as potencialidades desta proposta de ensino em sala de aula. A atividade de modelagem desenvolvida usou como referencial o modelo proposto por Justi (2006) e foi desenvolvida na seguinte sequência:

1. Tomou-se como “origem do modelo” o fenômeno da mistura de água e álcool, no qual se observa que a somatória dos volumes dos componentes isolados medidos anteriormente à mistura, não é igual ao volume obtido ao misturar-se os dois componentes; os professores desenvolveram a atividade experimental em grupos de quatro integrantes.
2. A partir da observação e descrição do fenômeno motivou-se a elaboração de questões, objetivando-se a construção de hipóteses explicativas para o fenômeno observado.
3. Foi proposta a elaboração de modelos que representem o que acontece a nível submicroscópico envolvendo átomos e moléculas, para explicar o fenômeno.

4. Os professores apresentaram os modelos elaborados, explicando e justificando suas hipóteses em relação ao modelo proposto; o processo de socialização e argumentação possibilitou a elaboração de consensos em relação aos modelos propostos.
5. Foram apresentadas novas situações relacionadas, que permitissem a aplicação do modelo construído coletivamente.

O roteiro da atividade proposta pode ser consultado no Apêndice 6.

Realizada esta atividade, o grupo de professores refletiu sobre quais são os elementos que deveriam ser integrados a uma proposta de modelagem, sobre os quais a professora Larissa e seu grupo de trabalho elaboraram a seguinte reflexão

RNPLa13: Na construção de um modelo que represente o fenômeno observado é importante analisar o fenômeno adequadamente, construir explicações fundamentadas na teoria, e comprovar experimentalmente os modelos propostos, trabalhando em equipe para chegar a acordos.

Nesta reflexão, pode-se observar como a professora integrou em sua resposta elementos já reconhecidos em sua proposta inicial, como a importância do trabalho em equipe, com os novos elementos, como a análise dos fenômenos; este último aspecto estava ausente em sua proposta anterior, na qual não eram propostas atividades de tipo prático que permitissem o contato com os fenômenos. Os referenciais teóricos desenvolvidos durante a sessão procuravam transmitir uma visão da modelagem diferente da que a professora tinha e desenvolvia em suas aulas.

Posteriormente a esta sessão, o grupo colaborativo de professores refletiu sobre sua visão dos modelos e a modelagem em relação com o ensino da ligação química, partindo da seguinte questão:

- Quando você ensina a ligação química, elabora atividades de modelagem?

A essa pergunta, a professora Larissa admite que desenvolvia a modelagem com a visão tradicional, questionada no início, como expresso no texto

RNPLa22: No ensino da ligação química, eu peço aos estudantes que representem a ligação química entre dois átomos no caderno, por exemplo, o cloro e o sódio, e que elaborem as estruturas de Lewis correspondentes; considero que esta atividade pode ser considerada como sendo de modelagem.

Nesta reflexão, a professora identifica o tipo de atividade que ela realiza e que segundo sua visão, identifica como atividades de modelagem. Como se observou no início do processo, esta visão da modelagem é consistente com a definição de modelo que a professora Larissa expressa, e que persiste no desenvolvimento do processo formativo, como expresso no texto.

RNPLa15: Eu identifico como modelos em minhas aulas de Ciências, diferentes tipos de representações, não só desenhos, pode ser um mapa conceitual, um quadro, um resumo, uma maquete em argila ou qualquer outro material.

Atendendo à definição de modelo concebida pela professora Larissa, as atividades que ela propõe em sala de aula são consideradas por ela como modelagem, uma vez que são direcionadas à construção de representações de valor no processo de aprendizagem, e possibilitam em sua prática a explicação dos conhecimentos aos alunos.

Esta visão contrasta com a definição de modelagem proposta por Justi (2006) que indica a necessidade de estabelecer explicações complexas através da construção de modelos, pois as atividades desenvolvidas pela professora Larissa, consistem em construir cópias de modelos já prontos e interpretar o que representam em função dos elementos teóricos de referência abordados em aula.

Em relação a atividades que envolvam a modelagem de fenômenos, que possam ir além de representações e desenhos no caderno ou no quadro, a professora manifesta que ela deixou de elaborar este tipo de atividade atribuindo isto à dificuldade de aquisição de materiais para desenvolver a atividade prática além da pouca responsabilidade dos alunos, como expresso no texto

RNPLa23: Eu realizava atividades de construção de modelos com os alunos, mas deixei de fazer, porque isto se tornou um problema; nem todos os estudantes traziam os materiais necessários para desenvolver a atividade, o que dificultava o trabalho em aula.

A professora Larissa situa a dificuldade da realização de atividades de modelagem no plano das dificuldades logísticas e de aquisição de materiais, mas também é claro que o uso de atividades experimentais e de modelagem permite ao estudante entre outros aspectos, apreender Ciência, aprender sobre a Ciência e aprender a fazer Ciência (JUSTI; GILBERT, 2002)

Levando em consideração o trabalho realizado nas sessões sobre os modelos e a modelagem, foi proposto ao grupo de professores que incluíssem uma atividade de modelagem no plano de ensino da ligação química, partindo da exploração de um

fenômeno. Neste ponto uma das professoras do grupo colaborativo apresentou uma proposta de atividade, a qual foi socializada junto ao grupo colaborativo de professores e adaptada por cada um deles para sua aplicação na sala de aula; a atividade pode ser consultada no Anexo 2, atividade 6.

A atividade proposta pelo grupo focal consistiu numa prática na qual se reconhecem diferentes propriedades físicas como a solubilidade e a condutividade elétrica em substâncias covalentes, iônicas e metálicas. A partir desta prática, os estudantes deveriam construir modelos para representar o observado e utilizá-los para explicar as propriedades das substâncias. A respeito dessa atividade com seus alunos, a professora Larissa teceu as seguintes considerações sobre o desenvolvimento desta aula:

RNPLa22: Nesta aula, o professor apresentou um guia didático com o propósito de desenvolver uma atividade de laboratório, na qual se testava a condutividade elétrica de diferentes substâncias, para encontrar a relação entre o tipo de ligação química e a condutividade, desenvolvendo modelos para representar as substâncias e explicar a sua condutividade.

Os alunos foram organizados em equipes de trabalho; a instalação do equipamento foi crucial para o bom desenvolvimento da prática, pelo que se teve cuidado neste ponto. A professora afirma que a prática despertou o interesse dos alunos. Na atividade eles tiveram que preencher um quadro relacionando a condutividade das substâncias com o tipo de ligação e desenvolver modelos para cada substância.

O professor afirma que é importante para os alunos apresentação física do modelo, pelo que um guia com as regras IUPAC sobre as cores nos modelos moleculares foi dada.

Na aula foram revisados os modelos construídos e se realizaram exposições dos mesmos. Na exposição se solicitou aos alunos que explicassem por que escolheram esse tipo de modelo, e utilizando o modelo explicar a condutividade elétrica das substâncias utilizadas na prática de laboratório [...].

Através do processo desenvolvido, a professora teve a oportunidade de reconhecer outra visão da modelagem, na qual se incorpora a atividade prática sobre os fenômenos como ponto de partida para o processo de questionamento para permitir a construção do modelo a fim de explicar o fenômeno, e que leve à interpretação de novos fenômenos similares. Esta visão foi aplicada pela professora numa de suas aulas e lhe permitiu reconhecer que o desenvolvimento de este tipo de atividades envolve um trabalho diferente em sala de aula, no qual se fortalece o trabalho em equipe e se potencializam os processos cognitivos na construção de explicações para o fenômeno a partir dos modelos elaborados.

No seguinte momento do processo pretendia-se verificar se este exercício formativo teve repercussão na proposta apresentada no final do processo formativo pela professora Larissa.

### **Que elementos são revelados sobre as estratégias de ensino no Ensino de Ciências no PCK da professora Larissa no final do processo formativo?**

No final do processo, buscou-se identificar o conhecimento da professora Larissa sobre estratégias para o ensino da ligação química a partir da unidade didática construída com a equipe de professores; nesta unidade reconhece-se a diversidade de atividades, que partem de uma das reflexões do grupo a respeito da análise didática sobre o ensino da ligação química, expressa no texto

UDGF5. Nós acreditamos que é importante trabalhar com modelos para que os alunos possam compreender os diferentes tipos de ligação, os modelos podem servir como um meio de ensino, aprendizagem e avaliação. Os modelos podem ser materiais como tradicionalmente têm sido feitos com isopor, argila, varas etc. Além destes alguns softwares educativos podem apoiar este trabalho. Nós também consideramos importante o desenvolvimento de laboratórios, que permitem ao aluno aprender os conceitos e relacioná-los com o mundo real.

Assim, a proposta construída tem uma orientação que procura a relação dos conhecimentos ao cotidiano do estudante, a partir do desenvolvimento de atividades práticas nas quais se integram a modelagem, a experimentação e o estudo de fenômenos associados à ligação química.

Ao indagar, através da CoRe final, como a professora Larissa incorpora de forma particular esta construção feita coletivamente em sua proposta em sala de aula, pode-se reconhecer estratégias gerais da professora Larissa no ensino. Isto fica evidenciado no texto sobre o processo que emprega no ensino da temática propriedades periódicas.

CRfPLa31: Eu começo com a aula tipo palestra, que é necessária para clarear conceitos; alguns alunos têm conceitos errôneos que são difíceis de mudar. Depois de explicar, eu resolvo exercícios no quadro e após no caderno, elaboro uma oficina de exercícios que eles desenvolvem em duplas e fico atenta para resolver as dúvidas que se apresentem. Na oficina de exercícios eu apresentei vários elementos químicos e solicitei que eles os organizem em ordem crescente da propriedade periódica em questão.

A narrativa anterior permite identificar que a professora começa o desenvolvimento do tema com explicação oral tipo palestra; a seguir, propõe exercícios para desenvolver

em equipe, no quadro ou no caderno, e aproveita a resolução de exercícios para esclarecer dúvidas dos estudantes.

Esta dinâmica de atividades em sala de aula é similar à identificada no começo do processo que, em termos gerais, não se apresentaram modificações nas estratégias de ensino adotadas na abordagem da temática propriedades periódicas.

Na temática de regra de octeto observa-se a introdução de uma atividade significativa para a professora no ensino do conceito de estabilidade, que permite introduzir a ideia de regra do octeto. A professora desenvolve uma atividade experimental que é descrita na CoRe final do seguinte modo

CRfPLa32: Inicialmente, uma atividade prática foi realizada, apresentando a reação do sódio metálico em água e o que acontece quando o cloreto de sódio é dissolvido em água, a questão proposta ao observar o fenômeno foi: porque a reação do sódio é tão violenta ao contato com a água e a sal não reage? Em seguida, muitos alunos tentaram determinar a relação entre o sódio (Na) que estava sozinho e o cloreto de sódio (NaCl) composto de Sódio (Na) e cloro (Cl), construindo hipóteses sobre o papel do Cloro para estabilizar ao sódio (Na). Então eu comecei a construir a ideia de estabilidade. A atividade praticada agradou muito aos estudantes, a ideia de estabilidade tornou-se mais clara, os alunos desenvolveram hipóteses sobre a reação de outros metais do mesmo grupo na água, tais como potássio e frâncio. Iniciar o tema com esta breve atividade prática foi muito bom [...].

Como pode-se reconhecer, a atividade experimental significou, na análise da professora, uma estratégia importante no ensino da ideia da estabilidade energética que atingem os átomos a partir da ligação química.

O fenômeno apresentado aos alunos motivou os estudantes e possibilitou que os alunos desenvolvessem hipóteses em relação ao mesmo. Se este tipo de atividade houvesse sido aproveitado para desenvolver atividades de modelagem do fenômeno com os alunos, teriam permitido construir explicações mais elaboradas sobre o fenômeno. Contudo, este não foi o procedimento que seguiu a professora; ela continuou o processo utilizando modelos desenhados no quadro para explicar como os átomos alcançam a estabilidade na ligação química, seguindo a regra do octeto, como identifica-se na narrativa a seguir

CRfPLa32: [...] Para explicar o tema eu gosto de desenhar um esboço da tabela periódica no quadro, em seguida, começar a localizar cada grupo e desenhar um átomo representativo de cada grupo com sua camada de valência. Eu pergunto aos alunos, que átomos podem se ligar para completar oito elétrons no último nível?

Assim, as atividades de modelagem utilizadas pela professora relacionadas com esta temática continuam ligadas ao desenho de modelos prontos, que são utilizados para facilitar a explicação aos alunos; não são desenvolvidos processos de modelagem em relação aos fenômenos observados em aula, que permitam reconhecer a adoção da modelagem como uma estratégia no ensino, que apresenta uma caracterizada pela indagação do estudante, a exploração de seus modelos mentais, a experimentação a construção e uso de modelos.

Nesta mesma orientação, a professora desenvolveu outras temáticas, nas quais a modelagem é utilizada pelo professor ou aluno, com fins explicativos dos aspectos teóricos que foram abordados em classe, como acontece no ensino da temática formação de íons descrita no texto

CRfPLa33 [...] começa-se a aula tipo palestra representando os elementos com desenhos no quadro e explicando como se tornam cátions ou ânions ao ceder ou aceitar um elétron. Logo, solicitou-se aos estudantes elaborarem no quadro a configuração eletrônica de um elemento, e a seguir para elaborar um desenho no quadro sobre o átomo do elemento e a formação do íon correspondente. Quando o aluno elabora o desenho no quadro analisa muito melhor a situação e compreende mais facilmente, além de eu ter alguns modelos tridimensionais na aula que utilizo para facilitar a explicação.

A estratégia de ensino da professora continua utilizando uma visão da modelagem como representação dos conhecimentos já prontos, modelos de átomos, moléculas e ligações químicas principalmente em forma de desenhos no quadro, que são utilizados para representar o conhecimento e facilitar aos estudantes a aprendizagem dos conhecimentos transmitidos em aula.

Na temática estruturas de Lewis identifica-se uma estratégia similar à utilizada no ensino da formação de íons, utilizando representações no quadro para explicar a ligação química utilizando estruturas de Lewis, sendo propostos exercícios que são aproveitados para avaliar as aprendizagens.

CRfPLa34: Eu vou explicando com um átomo de cada grupo da tabela periódica e elaborando a representação de Lewis no quadro, na explicação se dá ênfase nos tipos de ligação que pode formar o elemento, seguindo seu grupo. Após são propostos exercícios no quadro; uma estratégia que eu utilizei foi elaborar um exercício de forma errada para observar se os alunos reconhecem o erro, se isto acontecer, então os estudantes estão atentos e aprendendo.

Relacionada com a última temática proposta pela professora, correspondente ao ensino dos tipos de ligação química, a unidade didática elaborada pelo grupo colaborativo de professores incluía uma atividade de modelagem, que tomava como origem do modelo, o fenômeno da condutividade elétrica de algumas substâncias e materiais; esta atividade era semelhante à incorporada no plano didático da professora no processo de formação, que a professora já tinha uma experiência prévia na aplicação.

A professora considerou que esta atividade, que envolve a modelagem em relação a um fenômeno observado experimentalmente, deve ser realizada ao final do desenvolvimento da temática tipos de ligação química, quando os estudantes já têm clareza sobre seus aspectos teóricos, como evidenciado no texto:

CRfPLa35 [...] Depois de explicar os tipos de ligações e fazer os exercícios sobre o tema, quando os conceitos ficaram claros, é indicado como desenvolver a prática do laboratório. Antes de fazer a prática, entrega-se um guia sobre o processo a desenvolver [...]

O fato de ser uma atividade a ser desenvolvida ao final da sequência didática, uma vez explicados os conceitos, é justificado pela professora Larissa pela necessidade de os alunos terem tido contato com os conhecimentos teóricos previamente à elaboração da atividade prática. Esta característica permite reconhecer que a professora considera as atividades de construção de modelos e uso dos mesmos relacionadas ao estudo dos fenômenos, como atividades de aplicação e/ou verificação do conhecimento, o que fica evidente na seguinte narrativa, na qual a professora Larissa explica o procedimento prévio ao desenvolvimento da prática.

CRfPLa35 [...] Antes de fazer a prática, entrega-se uma guia sobre o processo a desenvolver, algumas perguntas foram propostas aos alunos de forma oral  
Quais das substâncias a serem utilizadas apresentam ligação iônica?  
Como vamos a identificar estas substâncias na prática?  
Quais são condutoras da eletricidade?  
Quais não são condutoras da eletricidade?  
Muitos dos alunos responderam de forma acertada estas questões, identificando que com as substâncias iônicas se observaria o acendimento da lâmpada. A professora apresentou as fórmulas Químicas das substâncias a serem utilizadas para ajudar na identificação do tipo de ligação das substâncias [...]

Este procedimento permite reconhecer como a atividade prática é utilizada pela professora para confirmar a teoria, e deste modo avaliar que os conhecimentos

desenvolvidos em aula, através de palestras, exercícios e exemplificação no quadro, foram aprendidos pelos estudantes.

Identifica-se neste ponto uma visão da professora em relação ao papel do trabalho prático no Ensino de Ciências, na qual a experimentação é utilizada para verificar os conhecimentos ensinados em forma teórica em sala de aula, como é exposto de forma clara pela professora ao definir as características da experimentação na escola no texto. Assim, segundo Axt (1991),

Frequentemente os experimentos são ministrados de forma desvinculada do conteúdo. O conteúdo da disciplina é tratado como um corpo objetivo de conhecimentos, pouca atenção é dada à potencialidade da experimentação como veículo de aprimoramento conceitual, admitindo-se, de forma implícita que a aprendizagem pode ser alcançada através da aplicação coerente de fórmulas, ou até mesmo, pela simples memorização. O papel reservado para a experimentação é o de verificar aquilo que é informado na aula (AXT, 1991, p. 83).

Entretanto, ao propor a atividade de modelagem do fenômeno da condutividade elétrica no final da sequência didática, aconteceu uma situação inesperada: a professora manifesta ter desenvolvido a atividade experimental, mas não ter conseguido desenvolver a atividade de elaboração dos modelos por falta de tempo. Assim, o momento da atividade que envolvia a elaboração de modelo pelos estudantes, que permitiria explicar os fenômenos observados, não foi desenvolvido pela professora Larissa, situação que a professora justifica através das limitações de tempo para desenvolver a temática, como expressa no texto

CRfPLa35 [...] A professora apresentou as fórmulas químicas das substâncias a serem utilizadas para ajudar na identificação do tipo de ligação das substâncias; assim os estudantes identificaram quais substâncias provavelmente conduziram a eletricidade e quais não. Finalmente, explicou-se que, se não fosse utilizada água destilada, poderia se alterar alguns resultados; eles experimentaram e verificaram que com água da torneira a lâmpada acendia ligeiramente [...] o tempo não foi suficiente para fazer a modelagem, porque se apresentaram alguns dias feriados, mas com aquele grupo de estudantes seria esperado a construção de modelos muito interessantes [...]

Esta situação permite inferir que a professora reconhece a atividade experimental e atividade de modelagem como duas atividades separadas, e não como uma sequência de momentos contínuos numa estratégia de ensino. Isto é notavelmente diferente do que se refletiu em relação à modelagem durante o processo formativo, a partir da perspectiva de Justi (2006), na qual a experimentação não deve ser usada apenas para a coleta de dados

e sua interpretação direta, mas para ajudar no desenvolvimento, avaliação e revisão dos modelos.

Em relação ao que foi dito anteriormente, identifica-se que a professora Larissa, ao final do processo, não apresenta uma proposta didática que realmente integre a modelagem com o estudo dos fenômenos. As atividades de modelagem são assumidas pela professora como atividades de representação visual dos conceitos, com fins explicativos, que não estão diretamente ligadas à interpretação dos fenômenos e/ou situações cotidianas.

Assume-se, então, a questão do porquê a professora Larissa não desenvolveu mudanças significativas no componente de estratégias no Ensino de Ciências, que permitiriam falar de um desenvolvimento progressivo em relação aos seus conhecimentos sobre a modelagem no ensino da ligação química.

A partir da perspectiva de Porlan et al. (1997) os professores, assim como os alunos, possuem um conjunto de concepções sobre o meio em geral e sobre o meio escolar em particular. Estas concepções são “ferramentas” para poder interpretar a realidade e interagir nela, mas também são “obstáculos” que impedem assumir perspectivas e ações diferentes (PORLAN et al., 1997)

Estas teorias e concepções podem estar profundamente enraizadas no pensamento do professor e sua mudança implica um processo de autoconsciência e autorreflexão (SHÖN, 1987). Nesse sentido, é possível pensar que, no processo de formação desenvolvido, a professora Larissa não teria reconhecido em seus conhecimentos e sua prática a necessidade de elaborar mudanças significativas que implicariam na adoção da Modelagem como estratégia no ensino da ligação química. Existe certa satisfação da professora com o modo tradicional, no qual ela desenvolve o tema na sala de aula, que é resistente à mudança, e que frente às novas propostas de formação se adapta e reconhece alguns elementos, mas que não muda em sua essência.

## 5. DISCUSSÕES

Na perspectiva do PCK abordada neste trabalho, o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo é o resultado da interação entre o Conhecimento do Conteúdo, o Conhecimento Pedagógico e o Conhecimento do Contexto. Os autores escolhidos como referência foram Shulman (1987), Grossman (1990) e Magnusson et al., (1999). Este conhecimento é próprio do professor, e em geral permite diferenciar a ação do professor de outros profissionais formados na disciplina, como, por exemplo, o conhecimento de um químico e o conhecimento de um licenciado em Química. Entretanto, é um conhecimento com características únicas para cada professor, pois, no PCK se pode reconhecer a marca própria de cada professor.

Esta é a razão pela qual o desenvolvimento do PCK está intimamente ligado ao desenvolvimento profissional do professor, este último entendido como um processo evolutivo e contínuo de desenvolvimento em diferentes dimensões. A partir da perspectiva de Howey (1985, apud, MARCELO, 1999), estas dimensões incluem: o desenvolvimento pedagógico, relacionado com o aperfeiçoamento do ensino do professor; o conhecimento e compreensão de si mesmo, que pretende conseguir que o professor construa uma imagem auto equilibrada e de auto realização de si próprio; o desenvolvimento cognitivo, relacionado com a aquisição de novos conhecimentos e estratégias de processamento da informação; o desenvolvimento teórico, baseado na reflexão do professor sobre sua prática docente; o desenvolvimento da capacidade investigativa; e o desenvolvimento da profissão mediante a adoção de novos papéis docentes.

Levando em consideração estas questões, o desenvolvimento do PCK do professor estaria relacionado com várias das dimensões associadas ao desenvolvimento profissional e envolveria o desenvolvimento do professor a nível individual e social, ou seja, como um indivíduo na sala de aula e como parte de um coletivo docente, de uma instituição e de um grêmio em particular.

Este atributo torna a identificação e o desenvolvimento do PCK um processo complexo, no qual é preciso investigar os conhecimentos teóricos do professor, mas também sua atuação em sala de aula e como parte de um coletivo docente.

Neste trabalho assumiu-se como princípio fundamental do desenvolvimento do PCK, o processo reflexivo em coletivos docentes associado à modelagem como estratégia didática no Ensino de Ciências. Além disto, assumiu-se também o trabalho colaborativo

na construção de uma unidade didática sob este mesmo enfoque. A partir destes elementos se pretendeu-se evidenciar a identificação e desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico dos participantes desta pesquisa a nível individual e coletivo.

Levando em consideração que o PCK é um conhecimento que tem características particulares para cada professor e que, portanto, seu desenvolvimento segue uma dinâmica própria, metodologicamente se abordou a presente pesquisa na perspectiva do estudo de caso. Foram selecionados os dados produzidos a partir da participação de duas professoras em um processo formativo, a professora “Agatha” e a professora “Larissa”, que representam casos de interesse particular ao se levar em consideração aspectos como as diferentes formações profissionais e experiência no ensino da Química.

A professora Larissa apresenta uma formação como licenciada na área, o que permite inferir que a mesma deve apresentar uma formação pedagógica e disciplinar focalizada no exercício da profissão docente. Além disso, apresenta mais de vinte anos de experiência, o que se espera tenha consolidado diversas práticas e conhecimentos em seu desenvolvimento profissional.

A professora Agatha apresenta formação profissional como engenheira agrônoma, e tem atuado como professora de ensino médio há dez anos nas áreas de biologia e Química. Sua formação pedagógica é constituída por uma especialização em pedagogia de um ano.

O instrumento utilizado para a identificação do PCK no começo do processo, a elaboração da CoRe por parte das professoras participantes de pesquisa, possibilitou a reflexão das professoras sobre o planejamento, desenvolvimento e avaliação de sua proposta de ensino.

Cada professora, ao desenvolver a CoRe de forma individual, elaborou uma reconstrução de sua prática orientada pelas questões base da CoRe. Este processo de anamnese possibilita a reflexão das professoras sobre seus conhecimentos que, mediada por um referencial teórico como referência e a possibilidade de interagir em coletivos de professores, como foi a proposta desenvolvida neste trabalho, possibilitava o autorreconhecimento dos acertos e dificuldades, a identificação de novas estratégias, e a apropriação de novos conhecimentos. Nesse sentido, neste trabalho se ratifica o que foi defendido por autores como Fernandez (2015) sobre o valor da CoRe como instrumento na promoção do desenvolvimento do PCK do professor.

Além disto, na identificação do PCK inicial das professoras a aplicação da CoRe aporta dados referentes ao processo de raciocínio sobre a prática, que necessitam ser

contrastados com aquilo que o professor propõe em sala de aula. Nesse ponto, os PaP-eRs assumem um papel fundamental ao conter informações sobre PCK do professor na ação, permitindo confirmar e contrastar aspectos já apresentados na CoRe e reconhecer novos elementos de análise.

No tocante ao desenvolvimento do PCK, foram elaboradas uma série de encontros com o grupo colaborativo de professores dos quais faziam parte as professoras participantes deste estudo, onde se promoveu a discussão e a reflexão sobre diferentes temáticas encaminhados a mobilizar cada uma das categorias do PCK do professor com base na proposta de Magnusson et al. (1999). O núcleo integrador das temáticas propostas foi o uso dos modelos e da modelagem no Ensino de Ciências.

No final do processo, utilizou-se como instrumentos de análise o desenvolvimento de uma CoRe final e a análise da unidade didática construída pelo grupo colaborativo de professores. Estes dois instrumentos, ao serem contrastados com a informação obtida no começo do processo e as narrativas emergidas no desenvolvimento do mesmo, permitiram reconhecer o desenvolvimento do PCK.

Tendo em consideração o problema da pesquisa, o referencial teórico utilizado, os tipos e características próprias dos dados coletados, assumiu-se como método de análise de dados a Análise Textual Discursiva (MORAES, 2003). Na Análise Textual Discursiva uma mesma unidade de significado pode obedecer a mais de uma categoria, uma vez que pode ser abordada sob diferentes perspectivas. Esta característica torna a análise textual discursiva um método de particular interesse, considerando a natureza holística do PCK do professor, no qual se envolvem diferentes dimensões de seu conhecimento profissional.

Através deste processo de análise foram reveladas características importantes em relação a cada um dos componentes do PCK analisados. Assim, a seguir se desenvolvem as conclusões derivadas de ambos os estudos de caso analisados com base na identificação e desenvolvimento do PCK em cada um dos componentes segundo a proposta de Magnusson et al. (1999).

- No componente orientações para o Ensino de Ciências foi identificado nas duas professoras sujeitos de estudo uma orientação na qual se assume como propósito principal a compreensão das temáticas no marco da disciplina, ou seja, o ensino enfatizava nos aspectos teóricos da Química, pouco relacionados com o conhecimento cotidiano, do contexto do aluno e da compreensão de fenômenos associados à ligação química. Em

correspondência, o processo de ensino se caracteriza pela prevalência da aula magistral, caracterizada pela explicação oral, elaboração de exercícios e perguntas com a finalidade de propiciar a interação do estudante com o novo conhecimento e a avaliação das aprendizagens.

A um nível mais específico do processo de ensino as professoras apresentaram diferenças importantes: a professora Agatha utilizava na explicação dos conhecimentos em aula desenhos, lâminas, representações, modelos para favorecer a compreensão dos conceitos; a professora Larissa utilizava particularmente desenhos no quadro para a representação dos conceitos abstratos e enfatizava na elaboração de exercícios.

No desenvolvimento e final do processo formativo os dados analisados revelaram notáveis diferenças quanto aos desenvolvimentos dos PCK das professoras neste componente.

A professora Agatha evidenciou mudanças nos propósitos de ensino, identificando-se uma maior ênfase na relação entre os conhecimentos e os fenômenos e ao cotidiano do estudante. Quanto à estratégia de ensino, observou-se um avanço na integração da modelagem a partir de uma perspectiva na qual o processo de modelagem está ligado ao estudo dos fenômenos, integrando aspectos como a experimentação, a construção de explicações, a elaboração de modelos mentais, a discussão e a socialização do conhecimento.

A professora Larissa, por sua vez, não elaborou mudanças significativas nos propósitos de ensino, incluindo pequenas adaptações à sua proposta didática, relacionadas principalmente à inclusão de atividades de tipo prática das quais destaca sua importância na motivação dos estudantes e numa maior compreensão das temáticas abordadas. Contudo, as atividades de tipo prático elaboradas pela professora eram usadas para a verificação de conteúdos teóricos já ministrados, este foco no uso das atividades de tipo prático segue uma perspectiva tradicional a qual não apresentou mudanças, apesar de sua participação no processo formativo.

Os dados apresentados permitem concluir que a reflexão em coletivos docentes e a construção coletiva de uma proposta didática possibilitou à professora Agatha o desenvolvimento de seu PCK, ao adquirir e incorporar novas estratégias de ensino e elaborar mudanças significativas nos propósitos de ensino em relação com os apresentados em sua proposta inicial.

Contudo, também se conclui que no caso da professora Larissa, o processo não gerou um desenvolvimento significativo neste componente que deveria se revelar em

mudanças na orientação originalmente identificada. Entretanto, pode-se reconhecer que gerou, sim, um enriquecimento de sua proposta original ao adaptar novos elementos e incluí-los em sua proposta didática, mas sem conseguir alterar significativamente seus propósitos de ensino.

Como conclusão geral, pode-se afirmar que ambos os resultados permitem salientiar o valor dos processos de reflexão docente e a construção coletiva de conhecimento no desenvolvimento do PCK do professor. Também permitem argumentar sobre o caráter particular do PCK e seu desenvolvimento o qual pode estar sujeito a diferentes variáveis relacionadas com os aspectos cognitivos, profissionais, pessoais, morais e de vida (MARCELO, 1999) ao reconhecerem-se as diferenças significativas no nível de desenvolvimento evidenciado neste componente. No quadro 30, se compara de forma geral o desenvolvimento do PCK das professoras Agatha e Larissa no componente orientações sobre o Ensino de Ciências através do processo formativo.

**Quadro 30.** Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente orientações sobre o ensino de Ciências.

Professora	Conhecimentos sobre Orientações para o ensino de Ciência	
	No começo do processo	No final do processo
<b>Agatha</b>	O processo de ensino se caracteriza pela explicação oral tipo palestra, utilizando perguntas para orientar a explicação aos estudantes. A visualização através de lâminas, representações, modelos e a elaboração de exercícios, com o objetivo de aplicar o conhecimento abordado em aula. Os propósitos de ensino se situam principalmente em aspectos disciplinares	O processo de experimentação e modelagem desempenham um novo papel no processo de ensino. Neste a atividade experimental permite indagar e estabelecer hipóteses iniciais sobre os fenômenos, para logo ser contrastadas com a teoria, posteriormente se constroem modelos que permitam representar e explicar o fenômeno estudado. Manifesta-se nos propósitos de ensino o interesse da aplicação do conhecimento na explicação de fenômenos do cotidiano do estudante.
<b>Larissa</b>	O processo de ensino se caracteriza pela explicação oral tipo palestra, utilizando perguntas para orientar a explicação aos estudantes. A visualização através de desenhos no quadro e a elaboração de exercícios, com o objetivo de aplicar o conhecimento abordado em aula. As atividades de experimentação ficam ausentes na proposta de ensino e a modelagem é associada a	Os propósitos de ensino relacionam-se com os aspectos teóricos ou disciplinares do conceito. Valoriza-se o trabalho prático segundo a perspectiva tradicional como aplicação do conhecimento ministrado. As atividades de modelagem, continuam sendo desenvolvidas sob a visão tradicional de atividades de representação sem uma relação com os

	atividades de representação visual dos conhecimentos. Os propósitos de ensino se situam principalmente em aspectos disciplinares	fenômenos, nas quais o modelo é dado pronto aos alunos e utilizado para facilitar a visualização dos conceitos que se deseja ensinar.
--	---	---

Fonte: Autor.

- No tocante ao componente conhecimentos e crenças acerca do currículo de Ciências, identificou-se nos conhecimentos de ambas professoras uma proposta curricular na qual as metas e objetivos de aprendizagem eram estruturadas em torno da compreensão da ligação química a partir da regra do octeto. Dentro de este marco de referência são observadas articulações entre os temas e o conhecimento dos pré-requisitos de aprendizagem, que revelam uma coerência horizontal e vertical nas propostas curriculares. Além disto, evidencia-se um conhecimento e incorporação às propostas curriculares, das diretrizes curriculares que normatizam seu trabalho.

No desenvolvimento e final do processo formativo, os dados analisados revelaram importantes diferenças no desenvolvimento deste componente em ambas as professoras.

A professora Agatha evidenciou algumas diferenças em relação à sua proposta curricular inicial. Os principais aspectos a salientar são a apresentação de uma sequência de conteúdo diferente, que se organiza a partir de questões geradoras; a ênfase maior da ideia de estabilidade energética no ensino da ligação química, associada à formação do octeto; e a incorporação de novas temáticas que não se abordavam anteriormente, como o caso da ligação metálica, a ligação química em sólidos covalentes, tipo diamante.

Por parte da Professora Larissa, os dados analisados revelaram poucas mudanças em relação com a proposta curricular inicial; o principal aspecto a salientar resume-se à incorporação do tema de exceções à regra do octeto, ainda abordado de forma parcial, informando sobre a existência das mesmas, mas não aprofundando no tema.

Apesar das diferenças, ambas as propostas curriculares são desenvolvidas tomando como referência o octeto, e evitam aprofundar em temas que possam extrapolar o mesmo.

Neste sentido, ainda que durante o processo formativo tenham sido desenvolvidos encontros focalizados no estudo de diferentes modelos para a ligação química, elaborando uma reconstrução histórica desde os primeiros modelos explicativos até os modelos atuais ligados à teoria quântica, as dificuldades de compreensão dos modelos de ligação química fundamentados na teoria quântica, tanto para o estudante como para o professor, incidem de forma importante na construção das propostas curriculares, limitando o avanço na incorporação de outros referenciais diferentes da regra do octeto.

Em correspondência, pode-se concluir que o desenvolvimento deste componente em ambas as professoras está intimamente ligado a seu conhecimento do conteúdo. No caso particular do conceito de ligação química é preciso abordar o estudo dos diferentes modelos de ligação química desde marcos de referência ligados à teoria quântica desde uma perspectiva que permita conhecer o processo de construção de estes conhecimentos na Ciência e desenvolver a transposição didática de estes conceitos em sala de aula. No quadro 31, se compara de forma geral o desenvolvimento do PCK das professoras Agatha e Larissa no componente conhecimentos e crenças sobre o currículo de Ciências através do processo formativo.

**Quadro 31.** Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente conhecimentos e crenças sobre o currículo de Ciências.

Professora	Conhecimentos e crenças sobre o currículo de Ciências.	
	No começo do processo	No final do processo
<b>Agatha</b>	<p>A proposta de ensino de desenvolve dentro do marco da regra do octeto. Existe uma coerência vertical e horizontal na proposta de conteúdos da professora a qual é formulada em forma de temáticas.</p> <p>Na proposta de conteúdos se exclui temáticas que saem do marco da regra do octeto como: as exceções na regra do octeto, O tema de entalpias de formação para explicar o conceito de estabilidade energética nas ligações Químicas a ligação covalente coordenada e a ligação metálica. Evidencia-se conhecimento das diretrizes curriculares que normatizam seu trabalho.</p>	<p>Elabora-se uma maior ênfase na ideia de estabilidade, mas continua desenvolvida dentro do marco da regra do octeto.</p> <p>Existe uma coerência vertical e horizontal na proposta de conteúdos da professora a qual é formulada em forma de temáticas.</p> <p>Abordam-se de modo superficial conteúdos ausentes na anterior proposta como as exceções na regra do octeto e a ligação metálica. Evidencia-se conhecimento das diretrizes curriculares que normatizam seu trabalho</p>
<b>Larissa</b>	<p>A proposta de ensino de desenvolve dentro do marco da regra do octeto. Existe uma coerência vertical e horizontal na proposta de conteúdos da professora a qual é formulada em forma de temáticas.</p> <p>Na proposta de conteúdos se exclui temáticas que saem do marco da regra do octeto como: as exceções na regra do octeto, O tema de entalpias de formação para explicar o conceito de estabilidade energética nas ligações Químicas a ligação covalente coordenada e a ligação metálica.</p>	<p>Elabora-se uma maior ênfase na ideia de estabilidade, mas continua desenvolvida dentro do marco da regra do octeto.</p> <p>Existe uma coerência vertical e horizontal na proposta de conteúdos da professora a qual é formulada em forma de temáticas.</p> <p>Se abordam de modo superficial conteúdos ausentes na anterior proposta como as exceções na regra do octeto.</p>

	Evidencia-se conhecimento das diretrizes curriculares que normatizam seu trabalho	Evidencia-se conhecimento das diretrizes curriculares que normatizam seu trabalho
--	---	---

Fonte: Autor.

- Em relação ao conhecimento sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências, identificou-se em ambas as professoras no início do processo, um importante conhecimento sobre os requisitos para a aprendizagem e sobre as dificuldades na compreensão da ligação química, que permitiam sustentar suas propostas de ensino.

Com o desenvolvimento do processo formativo, reconhece-se em ambas as professoras um enriquecimento deste conhecimento, aparentemente motivado pela reflexão em torno da literatura sobre o tema, as discussões no grupo colaborativo e a construção coletiva da unidade didática. Esta dinâmica de trabalho permitiu estabelecer uma troca de saberes entre os professores, orientados pela discussão de documentos bibliográficos relacionados com a pesquisa em Ensino de Ciências, através do qual se complementa e consolida o conhecimento sobre este componente.

No caso particular da professora Agatha, identifica-se que a adoção de novos elementos em suas estratégias didáticas relacionados com a modelagem dos fenômenos repercutirá na valorização de novos elementos ligados à compreensão dos estudantes sobre as Ciências, como o trabalho em equipe, a observação, a experimentação, a procura de informação em diferentes fontes, a leitura e a análise da informação, entre outros.

No caso da professora Larissa, a incorporação, ainda que numa perspectiva tradicional de situações experimentais e de uso e elaboração de modelos, possibilitou o reconhecimento de elementos ligados à compreensão dos estudantes sobre as Ciências, como o trabalho em equipe, a observação, a experimentação, a representação e visualização do conhecimento etc.

Os anteriores elementos permitem sugerir que a reflexão e adoção de novos elementos na estratégia didática de ambas as professoras possibilita o desenvolvimento de seus conhecimentos sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências, ao favorecer o reconhecimento de outras dimensões da aprendizagem das Ciências além do aspecto conceitual.

Também pode-se concluir que os processos de reflexão em coletivos docentes sobre conhecimentos derivados da pesquisa em Ensino de Ciências, ao se relacionarem com conhecimentos do professor, têm um impacto positivo no desenvolvimento de seu PCK. No quadro 32, se compara de forma general o desenvolvimento do PCK das professoras

Agatha e Larissa no componente conhecimento na compreensão dos estudantes sobre as Ciências, através do processo formativo.

**Quadro 32.** Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente conhecimento na compreensão dos estudantes sobre as Ciências.

Professora	Conhecimento na compreensão dos estudantes sobre as Ciências	
	No começo do processo	No final do processo
<b>Agatha</b>	<p>Identifica diferentes conceitos prévios que são necessários na aprendizagem da ligação química e que se associam a dificuldades na sua compreensão, Como propriedades periódicas, modelos atômicos, particularmente o modelo quântico, configuração eletrônica, Identifica dificuldades dos alunos na compreensão de alguns conceitos relacionados com a ligação química, como representação de Lewis, tipos de ligação.</p> <p>Se identifica que a professora apresenta algumas ideias alternativas que são transmitidas no processo de ensino como a identificação de compostos iônicos como se fossem de tipo molecular.</p>	<p>A professora evidencia um maior conjunto de conhecimentos sobre conceitos prévios na aprendizagem da ligação química e sobre dificuldades que podem apresentar os alunos no processo de aprendizagem.</p> <p>A partir da implementação da estratégia de modelagem ligada ao estudo dos fenômenos, a professora identifica requisitos de tipo procedimental na aprendizagem dos estudantes, cujas ausências representariam dificuldades para a aprendizagem sobre a temática ligação química,</p> <p>O nível de complexidade do conceito de ligação química é utilizado pela professora como justificativa do ensino dentro do marco da regra do octeto ao permitir discutir a estabilidade energética, estudando o caso dos gases nobres, e propondo como complemento estudar algumas estruturas Químicas que evidenciam as limitações desta regra.</p>
<b>Larissa</b>	<p>Identifica diferentes conceitos prévios que são necessários na aprendizagem da ligação química e que se associam a dificuldades na sua compreensão. Como propriedades periódicas, modelos atômicos, particularmente o modelo quântico, configuração eletrônica. Identifica dificuldades dos alunos na compreensão de alguns conceitos relacionados com a ligação química, como representação de Lewis, tipos de ligação, íons, ligação coordenada.</p> <p>Se identifica que a professora utilizar a regra do octeto na explicação da ligação química e na determinação de formulas, no qual encontra numerosas limitações que</p>	<p>A professora evidencia um maior conjunto de conhecimentos sobre conceitos prévios na aprendizagem da ligação química e sobre dificuldades que podem apresentar os alunos no processo de aprendizagem.</p> <p>Atribui às atividades de modelagem o potencial de superar as dificuldades na aprendizagem relacionadas com a visualização dos conceitos abstratos.</p> <p>O nível de complexidade do conceito de ligação química é utilizado pela professora como justificativa do ensino dentro do marco da regra do octeto ao permitir discutir a estabilidade energética, estudando o caso dos gases nobres, e propondo como complemento</p>

	podem representar dificuldades de aprendizagem nos alunos.	estudar algumas estruturas Químicas que evidenciam as limitações desta regra.
--	--	---

Fonte: Autor.

- Na análise sobre os conhecimentos e práticas avaliativas, identificam-se em ambas as professoras, no início do processo formativo, uma concepção de avaliação com elementos relacionados ao enfoque por transmissão de conteúdo. Contudo, apesar do enfoque tradicional, apresenta-se uma variedade de métodos de avaliação em correspondência aos tipos de atividades desenvolvidas e existe uma relação coerente entre as estratégias de ensino utilizadas, os objetivos de aprendizagem propostos e os métodos de avaliação utilizados. Em relação ao desenvolvimento do PCK neste componente pode-se reconhecer diferenças, como mostrado a seguir.

No PCK da professora Agatha, identifica-se um desenvolvimento de uma maior variedade de métodos de avaliação em comparação com os apresentados no início do processo. Cada método de avaliação encontra-se em correspondência com o tipo de atividade desenvolvida no processo de ensino. O fato da modelagem incorporada ao processo propor uma dinâmica de aula diferente, focalizando a atividade da aula na compreensão dos fenômenos, possibilitou que as professoras reconhecessem outras dimensões da aprendizagem a serem avaliadas, além do aspecto cognitivo, como os aspectos procedimentais e atitudinais ligados ao Ensino de Ciências.

Pode-se concluir que a formação do professor na modelagem como estratégia de ensino e a adoção deste conhecimento na prática de aula, possibilitou um desenvolvimento de PCK no componente de avaliação, ao favorecer o reconhecimento de novos métodos de avaliação e possibilitar a avaliação de outras dimensões da aprendizagem além do aspecto conceitual (MAGNUSSON et al., 1999)

Ao analisar o desenvolvimento do PCK da professora Larissa durante o processo, identifica-se um repertório similar de atividades avaliativas, com propósitos e metodologias semelhantes às observadas no início do processo. Não se reconhece um maior desenvolvimento neste componente. Embora no processo de ensino desenvolvido pela professora Larissa tenham sido inseridas atividades de tipo experimental, a estratégia de ensino e os propósitos para as mesmas não mudaram o processo de avaliação.

Conclui-se que o desenvolvimento do componente sobre a avaliação está ligado diretamente ao desenvolvimento de outros componentes do PCK como o conhecimento de orientações ao Ensino de Ciências, e de estratégias para o Ensino de Ciências. O

processo formativo não conseguiu gerar um desenvolvimento significativo no conhecimento sobre estes componentes, pois não se apresenta um maior desenvolvimento no componente relacionado com o conhecimento sobre a avaliação. Este aspecto parece estar diretamente relacionado com a natureza integradora e holística do PCK do professor como conhecimento produto da transformação do conhecimento do Conteúdo, Pedagógico e do Contexto, no qual se reconhecem distintos componentes que se integram em seus conhecimentos e práticas de aula. No quadro 33, se compara de forma general o desenvolvimento do PCK das professoras Agatha e Larissa, no componente conhecimento Conhecimentos sobre avaliação no Ensino de Ciências através do processo formativo.

**Quadro 33.** Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente conhecimento sobre a avaliação no Ensino de Ciências.

Professora	Conhecimentos sobre avaliação no Ensino de Ciências	
	No começo do processo	No final do processo
<b>Agatha</b>	<p>A avaliação se focalizar predominantemente no aspecto conceitual.</p> <p>Identifica-se uma concepção sobre a avaliação associada ao ensino por transmissão de conteúdo, no sentido que se reproduzem os conhecimentos ensinados em aula.</p> <p>Ainda com um enfoque tradicional, existe uma relação coerente entre as estratégias de ensino utilizadas, os objetivos de aprendizagem propostos para o aluno e os métodos de avaliação utilizados.</p>	<p>A avaliação não fica restrita aos aspectos conceituais; as atividades associadas à estratégia de modelagem permitiram a avaliação do componente atitudinal e procedimental da aprendizagem.</p> <p>Identifica-se o uso de diferentes estratégias avaliativas em uma mesma atividade e um maior repertório de atividades avaliativas,</p> <p>Identifica-se que continuam desenvolvendo-se práticas da avaliação associadas ao ensino por transmissão de conteúdo, no sentido que se reproduzem os conhecimentos ensinados em aula.</p> <p>Existe uma relação coerente entre as estratégias de ensino utilizadas, os objetivos de aprendizagem propostos para o aluno e os métodos de avaliação utilizados.</p>
<b>Larissa</b>	<p>Na avaliação se fomenta o trabalho em equipe reconhecendo a dimensão atitudinal da aprendizagem.</p>	<p>Não se identificam maiores variações nos conhecimentos e práticas avaliativas da professora</p>

	<p>Identifica-se uma concepção de avaliação com elementos relacionados a esta perspectiva ligada ao enfoque tradicional por transmissão de conteúdo.</p> <p>Ainda com um enfoque tradicional, existe uma relação coerente entre as estratégias de ensino utilizadas, os objetivos de aprendizagem propostos para o aluno e os métodos de avaliação utilizados.</p>	
--	--	--

Fonte: Autor.

- Em relação ao componente do PCK ligado ao conhecimento sobre estratégias no Ensino de Ciências, identificaram-se em ambas as professoras no início do processo formativo, um amplo conhecimento de estratégias gerais, relacionadas a atividades que procuram apresentar o conhecimento com a maior clareza possível aos alunos. Em particular sobre a modelagem como estratégia no ensino da ligação química, se identificou uma visão do processo de modelagem relacionado à representação dos conceitos para facilitar sua compreensão. No desenvolvimento deste conhecimento através do processo formativo se observa diferenças entre as professoras:

Para a professora Agatha se reconhece o desenvolvimento de uma visão da modelagem na qual está se integra ao estudo dos fenômenos, o que implica o desenvolvimento de diferentes procedimentos próprios do trabalho em Ciências, como: a indagação, a elaboração de hipóteses, a elaboração de perguntas, o desenho de experimentos, e a relação com outros conhecimentos ligados ao tema.

Isto permite inferir que a proposta de formação fundamentada na reflexão sobre a modelagem como estratégia no ensino de ligação química tem o potencial de possibilitar o desenvolvimento do PCK ligado aos conhecimentos e estratégias no Ensino de Ciências, ao permitir a adoção de novos métodos no Ensino de Ciências, favorecendo a aprendizagem dos estudantes, no que a professora apresento um avance ainda que precise adotar maiores elementos que precisamente constituiriam seu processo de desenvolvimento contínuo do PCK desde a reflexão sobre seus conhecimento e práticas em relação com os novos conhecimentos e as novas propostas geradas na área de Ensino de Ciências.

Em contraste, a professora Larissa no final do processo, não apresenta uma proposta didática que realmente integre a modelagem ao estudo dos fenômenos. As atividades de

modelagem são assumidas pela professora como atividades de representação visual dos conceitos, com fins explicativos, que não estão diretamente ligadas à interpretação dos fenômenos e/ou situações do cotidiano. As atividades experimentais, por sua vez, são reconhecidas pela professora como atividades de valor na motivação e aplicação do conhecimento, mas não na construção, desenvolvimento, avaliação e revisão dos modelos elaborados pelos estudantes na explicação dos fenômenos.

Os resultados referentes à professora Larissa permitem concluir que, no processo de formação, pode acontecer que o professor, frente às novas propostas apresentadas e vivenciadas, adapte superficialmente sua proposta tradicional, integrando só alguns elementos, mas não elaborando mudanças que signifiquem uma transformação real de suas práticas de ensino. No quadro 34, se compara de forma general o desenvolvimento do PCK das professoras Agatha e Larissa, no componente conhecimentos sobre estratégias no Ensino de Ciências através do processo formativo.

**Quadro 34.** Comparação no desenvolvimento do PCK da professora Agatha e Larissa no componente conhecimentos sobre estratégias no Ensino de Ciências

Professora	Conhecimentos sobre estratégias no Ensino de Ciências	
	No começo do processo	No final do processo
<b>Agatha</b>	O processo de ensino se caracteriza pela explicação oral tipo palestra, utilizando perguntas para orientar a explicação aos estudantes. A visualização através de lâminas, representações, modelos e a elaboração de exercícios, com o objetivo de aplicar o conhecimento abordado em aula.	O processo de experimentação e modelagem desempenham um novo papel no processo de ensino. Neste a atividade experimental permite indagar e estabelecer hipóteses iniciais sobre os fenômenos, para logo ser contrastadas com a teoria, posteriormente se constroem modelos que permitam representar e explicar o fenômeno estudado.
<b>Larissa</b>	O processo de ensino se caracteriza pela explicação oral tipo palestra, utilizando perguntas para orientar a explicação aos estudantes. A visualização através de desenhos no quadro e a elaboração de exercícios, com o objetivo de aplicar o conhecimento abordado em aula. As atividades de experimentação ficam ausentes na proposta de ensino. No processo de ensino, os modelos são utilizados na explicação dos temas e na aplicação e avaliação dos	Atividades de tipo experimental são inseridas na proposta didática da professora segundo a perspectiva tradicional como aplicação do conhecimento. As atividades de modelagem, continuam sendo desenvolvidas sob a visão tradicional atividades de representação sem uma relação com os fenômenos, nas quais o modelo é dado pronto aos alunos e utilizado para facilitar a visualização dos conceitos que se deseja ensinar.

	conhecimentos explicados aos estudantes. A modelagem é associada a atividades de representação visual dos conhecimentos abordados em aula.	
--	--	--

Fonte: Autor.

Ao revisar o desenvolvimento de cada um dos componentes, pode-se concluir que o processo formativo desenvolvido em relação à modelagem como estratégia de ensino da ligação química permite a mobilização de conhecimentos associados ao PCK. Percebe-se que a reflexão, construção coletiva e aplicação desta proposta didática em aula implicam ações e conhecimentos que possibilitam o desenvolvimento de cada um dos componentes analisados, ainda que se precise desenvolver estratégias mais efetivas que permitam sua adoção por parte dos professores.

Também é possível concluir que este desenvolvimento não é homogêneo. Cada professor participante deste estudo revela características próprias que podem influenciar o desenvolvimento deste conhecimento.

Em relação aos dois estudos de caso analisados, considera-se que apresentam duas características particulares que os fazem notavelmente diferentes, a formação e a experiência profissional das professoras.

Estas duas variáveis são aspectos determinantes nos resultados deste estudo, uma vez que influenciam dois elementos fundamentais que constituem o PCK: o Conhecimento do Conteúdo e o Conhecimento Pedagógico. As diferenças individuais relativas a estes dois conhecimentos podem influenciar de forma direta os resultados do processo formativo em ambas as professoras.

Considera-se que, pela própria natureza do construto PCK, os resultados em sua identificação e desenvolvimento devem ser diferentes. Uma de suas principais fontes é o conhecimento experiencial (MIZUKAMI, 2004) e as diferenças no tempo de experiência de ambas as professoras é determinante, ao se levar em conta que o desenvolvimento profissional do professor é um processo marcado por etapas, nas quais se consolidam certos conhecimentos e crenças que com o tempo se fazem mais resistentes à mudança. Como resultado, o professor frente às novas propostas de formação, adapta superficialmente sua proposta, mas não muda em sua essência. Isso foi o observado no caso particular da professora Larissa.

Segundo Marcelo (1999), um fator importante a se considerar, e que incide no desenvolvimento profissional do professor, relaciona-se com suas necessidades e expectativas de formação, que são diferentes para cada professor, e estão de certo modo relacionadas ao seu desenvolvimento cognitivo, moral, profissional e de vida. O autor afirma que um dos erros mais comuns ao desenvolver processos de formação relacionados ao desenvolvimento profissional do professor é não assumir que estas etapas existem. Portanto, é necessário introduzir nesses processos, o conceito de trajetória formativa, que permite oferecer percursos de desenvolvimentos profissionais diferenciados (MARCELO, 1999).

É importante reconhecer que no processo formativo realizado não se considerou este aspecto. A professora Larissa, é uma professora com mais de vinte anos de experiência, numa etapa madura de seu desenvolvimento profissional, aspecto que pode incidir na dificuldade para elaborar mudanças em suas práticas tradicionais de ensino. A professora Agatha, por sua vez, é uma professora novata, com processos de formação recentes no aspecto pedagógico, e que se encontra numa etapa de desenvolvimento profissional no qual está construindo uma proposta própria, o que lhe possibilitou elaborar mudanças mais significativas durante o processo formativo.

Embora existam diferenças importantes entre as duas professoras em relação a sua formação inicial e experiência, é surpreendente que ambas têm as mesmas ideias, associando a formação de ligação química à ideia de octeto, e não da estabilidade adicional do composto formado em relação aos seus átomos constituintes, estabilidade advinda da formação da ligação química de diferentes tipos, e não à simples obediência ao octeto. Aparentemente, a resistência à mudança conceitual advém dos mesmos erros conceituais em suas formações básicas.

## 6. CONCLUSÕES

Em correspondência com o exposto no capítulo anterior de discussões sobre o processo e em resposta pontual à questão de pesquisa: *Como o processo reflexivo em torno dos modelos de ligação química e sua modelagem na sala de aula permite o desenvolvimento do PCK do professor de Química?* Pode-se concluir o seguinte:

1. A reflexão do professor em coletivo sobre seus conhecimentos e práticas em relação com a modelagem como estratégia didática e a construção coletiva de propostas didáticas neste mesmo foco, são estratégias de valor no desenvolvimento do PCK, ao possibilitar que se reconheçam e incorporem novos conhecimentos e práticas de ensino ligadas ao desenvolvimento do PCK em seus diferentes componentes. Em particular no componente orientações no Ensino de Ciências este tipo de estratégias possibilita a identificação de novos propósitos de ensino e a renovação de sua prática de aula.
2. As dificuldades de compreensão na ligação química apresentadas no professor relacionadas com o conceito de estabilidade são reproduzidas no ensino e incidem de forma significativa no conhecimento curricular, ao limitar a possibilidade de explorar outros marcos de referência diferentes da regra do octeto. Este aspecto afeta de forma determinante todos os demais componentes do PCK, pelo qual se identifica que o desenvolvimento do PCK está intimamente ligado ao Conhecimento do Conteúdo.
3. Em relação com o ponto anterior, identifica-se a necessidade de promover estratégias de formação de professores focalizadas no melhoramento da compreensão da ligação química, onde seja abordado o conceito de estabilidade energética e o estudo dos modelos de ligação química associados ao modelo atômico quântico; este processo precisa ser acompanhado da elaboração de estratégias que permitam a transposição didática deste conceito.
4. A reflexão em torno da modelagem como estratégia de ensino e sua incorporação nas práticas de aula possibilita ao professor o desenvolvimento de novos conhecimentos sobre a compreensão dos estudantes sobre as Ciências, ao favorecer o reconhecimento de outras dimensões da aprendizagem das Ciências, além do aspecto conceitual e possibilitar a ampliação de seu

conhecimento sobre pré-requisitos e dificuldades na compreensão dos conceitos ao reconhecer estratégias de valor para superá-las.

5. A formação do professor na modelagem como estratégia didática e a adoção deste conhecimento na prática de aula, pode possibilitar o desenvolvimento de PCK no componente de avaliação, ao favorecer o reconhecimento de novos métodos de avaliação e possibilitar a avaliação de outras dimensões da aprendizagem além do aspecto conceitual, este desenvolvimento está sujeito a adoção da modelagem como uma estratégia de ensino que liga os processos de indagação, experimentação, construção e uso de modelos na compreensão dos fenômenos.
6. A reflexão sobre a modelagem como estratégia no ensino de ligação química pode possibilitar o desenvolvimento do PCK ligado aos conhecimentos e estratégias no Ensino de Ciências, sim, se consegue a adoção de uma visão da modelagem na qual está se integra ao estudo dos fenômenos, o que implica o desenvolvimento de diferentes procedimentos próprios do trabalho em Ciências, como: a indagação, a elaboração de hipóteses, a elaboração de perguntas, o desenho de experimentos, e a elaboração de relações entre diferentes domínios do conhecimentos.
7. O desenvolvimento do PCK não é um processo homogêneo; cada professor apresenta características próprias que podem influenciar o desenvolvimento deste conhecimento, relacionadas com suas necessidades, expectativas de formação, desenvolvimento cognitivo, profissional e pessoal, que são diferentes para cada professor.

Finalmente, é importante salientar que um aspecto fundamental no desenvolvimento deste trabalho foi a disposição das professoras em participar ativamente do processo. Neste sentido, consideramos que a atitude favorável em relação ao processo de formação é condição fundamental para favorecer o adequado desenvolvimento, além de uma boa relação com o pesquisador.

As maiores dificuldades no desenvolvimento deste tipo de processo de formação de professores caracterizam-se pelo pouco tempo disponível para este tipo de processos na escola e as dificuldades de desenvolver processos de formação no interior da mesma. Nesse sentido, é preciso fortalecer o trabalho do professor em coletivos, que demandem condições adequadas de trabalho na escola, e que possibilitem o desenvolvimento

profissional do professor através da discussão e reflexão sobre suas práticas e conhecimento sobre o ensino, além dos conhecimentos derivados da pesquisa no Ensino de Ciências, capazes de melhorar a prática educativa.

Ficam algumas questões a partir dos resultados obtidos neste estudo considerando aspectos que a pesquisa não conseguiu revelar e aspectos não abordados.

- *Como desenvolver processos formativos diferenciados atendendo as características particulares do professor em relação com sua trajetória profissional e acadêmica?*
- *Como abordar as dificuldades conceituais do professor no conceito de ligação química durante os diferentes momentos de seu desenvolvimento profissional?*
- *Como desenvolver o conhecimento do professor sobre estratégias no ensino da ligação química que permitam superar o marco explicativo da regra do octeto?*
- *Como construir uma cultura na escola de reflexão docente e construção de conhecimento em torno às problemáticas de nossa prática educativa?*

Estas questões motivam a continuar desenvolvendo processos de pesquisa que aporem no processo de transformação e desenvolvimento do conhecimento na formação de professores no Ensino de Ciências e que envolvam o conceito do professor como um profissional que reflexiona e constrói conhecimento valioso sobre sua prática.

## REFERÊNCIAS

ADURIZ, A; IZQUIERDO, M. Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, ano 4, v. 1, p. 40-50, 2009. Disponível em: <dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882642.pdf >. Acesso em: 25 jan. 2015.

ALVAREZ, C.; SAN FABIAN, J. L. La elección del estudio de caso en investigación educativa. **Gazeta de Antropología**, v. 28, n. 1, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10481/20644>. Acesso em: 25 jan. 2015.

AMADOR RODRÍGUEZ, R. Y.; GALLEGO BADILLO, R.; PÉREZ MIRANDA, R. La producción de modelos mentales explicativos en profesores en formación: una experiencia didáctica en la enseñanza de la Química. In: ENCUENTRO INTERNACIONAL DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y LAS TECNOLOGÍAS, 2., 2005, Barrancabermeja. **Memorias**. Barrancabermeja: Instituto Universitario de la Paz, 2005.

AMADOR RODRÍGUEZ, R. Y; GALLEGO BADILLO, R.; PÉREZ MIRANDA, R. Desde qué versiones epistemológicas construyen modelos mentales los profesores en formación inicial: una investigación en didáctica. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 24, p. 8-22, 2008. Disponível em: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/viewFile/388/390>. Acesso em: 25 jan. 2014.

AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. **Tópicos em ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. p. 79-90.

BACHELARD, G. **La formación del espíritu científico**. Mexico: Siglo XXI, 1988.

BARKER, V.; MILLAR, R. Students's reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: What changes occur during a context-based post-16 chemistry course? **International Journal of Science Education**, v. 22, p. 1171-1200, 2000.

BIRK, J. P.; KURTZ, M. J. Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure and bonding. **Journal of Chemical Education**, v. 76, p. 124-128, 1999.

BODGAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução a teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BODNER, G. M. I have found you an argument. **Journal of Chemical Education**, v. 68, p. 385-388, 1991.

BOO, H. K. Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, p. 569-581, 1998.

BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 2, p. 207-226. 1997. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol2/n3/borges.htm.>. Acesso em: 25 jan. 2014.

BORGES, T. Como evoluem os modelos mentais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1 p. 85-125, 1999.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: **orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRASIL, MEC, SEB. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEB, 2006.

BRISCOE, C. The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacher change. **Science Education**, v. 2, n. 75, p. 185-199, 1991.

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

BUTTS, B.; SMITH, R. HSC chemistry students' understanding of the structure and properties of molecular and ionic compounds. **Research in Science Education**, v. 17, p. 192-201, 1987.

CAAMAÑO, A. Enseñar Química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**, v. 69, p. 21-34, 2011. Disponível em:

<[http://chemistrynetwork.pixelonline.org/data/SUE\\_db/doc/28\\_Alambique%20Contextualizacion%20.pdf](http://chemistrynetwork.pixelonline.org/data/SUE_db/doc/28_Alambique%20Contextualizacion%20.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2014.

CANDELA RODRIGUEZ, B. F. **La captura, la documentación y la representación del PCK de un profesor experimentado y “ejemplar” acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia**. 2012. 244 f. Tesis (Maestría en Educación) - Instituto de Educación y Pedagogía, Universidad del Valle, Cali, 2012.

CANDELA RODRIGUEZ, B. F.; VIAFARA ORTIZ, R. Articulando la CoRe y los PaPER al programa educativo por orientación reflexiva: una propuesta de formación para el profesorado de Química. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 35, p. 89-111, 2014.

CANDELA RODRIGUEZ, B. F. El diseño de la “ReCo” una estrategia para iniciar la identificación, la explicitación y el desarrollo del CPC de un tópico de la Química de profesores en formación inicial. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 40, p. 65-87, 2016.

CAÑAL P. El análisis didáctico de la dinámica del aula tareas, actividades y estrategias de enseñanza. In: PALACIOS, F. J. P.; CAÑAL DE LEON, P. (Eds.). **Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**, Alcoy: Marfil, 2000. p. 209-238.

CARROLL, J. M.; OLSON, J. R. **Mental models in human-computer interaction: Research issues about what the user of software knows**. Committee on Human Factors, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council. Washington, DC: National Academy Press, 1987.

CASTRO, E. A. El empleo de modelos en la enseñanza de la Química. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 73-79, 1992.

COCHRAN, K.F.; DERUITER, J.A.; KING, R.A. Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation. **Journal of Teacher Education**, Washington, v. 44, n. 4, p. 263-72, 1993.

CHALMERS, A. F. **O que é a Ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 27-150.

CHAMIZO, J. A. **El maestro de lo infinitamente pequeño John Dalton**. Colombia: Alfaomega, 2002.

\_\_\_\_\_. Los modelos en la Química. **Educación Química**, v. 4, n. 17, p. 476-482, 2006.

CHAMIZO, J. A.; FRANCO, A. G. (Coord.). **Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales**. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. p. 13-19, 51-63.

CHAMIZO, J. A.; MARQUEZ, J. R. Modelación molecular. Estrategia didáctica sobre la constitución de los gases, la función de los catalizadores y el lenguaje de la Química. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 11, n. 31, p. 1241-1257, 2006.

CHITTLEBOROUGH, G. D.; TREAGUST, D. F. The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. **Chemistry Education Research and Practice**, n. 8, v. 3, p. 274-292, 2007.

CLERMONT, C.; BORKO, H.; KRAJCIK, J. Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 4, p. 419-44, 1994.

CRUZ, D.; CHAMIZO, J. A.; GARRITZ, A. **Estructura atómica un enfoque químico**. Mexico: Fondo Educativo Interamericano, 1986.

DRECHSLER, M.; VAN DRIEL, J. Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid-base chemistry. **Research in Science Education**, p. 611-631, 2008.

DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 6, n.2, p. 109-120. 1988.

DUNN, R., DUNN, K. **Teaching Students through their Individual Learning Styles: A practical approach**. New Jersey: Prentice Hall. 1978.

FEIMAN-NEMSER, S. From preparation to practice: designing a continuum to strengthen and sustain teaching. **Teachers College Record**, v. 103, n. 6, p. 1013-1055, 2001.

FERNÁNDEZ, I.; PÉREZ, D. G.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? In: PÉREZ, D. G. et al. (Ed). **¿Cómo Promover El Interés Por La Cultura Científica?** Santiago: Oficina

Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 2005. Cap. 2, p. 29-62. Disponível em:  
<<http://www.oei.es/decada/139003S.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2014.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, v. 24, p. 20-24, 2006.

FERNANDEZ, C. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 500-528, 2015. Disponível em:  
<<http://oai.redalyc.org/articulo.oa?id=129542163012>>. Acesso em: 25 dez. 2015.

FERREIRA, P. F. M. **Modelagem e suas contribuições para o Ensino de Ciências: um análise no estudo do equilíbrio químico**. 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em:  
<[www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FAEC-85UP2D](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FAEC-85UP2D)>. Acesso em: 25 jan. 2014.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. Modelagem e o fazer Ciência. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.

FURIÓ, C.; CALATAYUD, M. L. Difficulties with the geometry and polarity of molecules: beyond misconceptions. **Journal of Chemical Education**, v. 73, p. 36-41, 1996.

FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. La enseñanza aprendizaje del conocimiento químico. In: PALACIOS, F. J. P.; CAÑAL DE LEON, P. (Ed.). **Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**. Alcoy: Marfil, 2000. p. 421-449.

GALAGOVSKY, L.; ADURIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 19 v. 2, p. 231-242, 2001.

GARCIA, A.; GARRIZ, A. Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. **Enseñanza de las ciencias**, v. 24, n. 1, p. 111-124, 2006

GARRITZ, A.; TRINIDAD-VELASCO, R. El conocimiento pedagógico del contenido. **Educación Química**, v. 15, n. 2, 2004. Disponível em:  
<[http://garritz.com/andoni\\_garritz\\_ruiz/documentos/edit\\_PCK.pdf](http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/edit_PCK.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2014.

GARRITZ, A.; TRINIDAD-VELASCO, R. El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. **Educación Química**, v. 17, p. 236-263, 2006. Disponível em: <[http://educacionquimica.info/articulos.php?Id\\_articulo=963](http://educacionquimica.info/articulos.php?Id_articulo=963)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

GENTNER, D.; STEVENS, A. L. **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. p. 99-127.

GIERE, R. N. **Introduction to cognitive models of science**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1988.

GIERE, R. N. Using models to represent reality. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Ed.). **Model-based reasoning in scientific discovery**. New York: Kluwer, 1999. p. 41-57.

GIERE, R. N. A new framework for teaching scientific reasoning. **Argumentation**, v. 15, p. 21-33, 2001.

GIERE, R. N. How models are used to represent reality. **Philosophy of Science**, v.71, p. 742-752, 2004.

GIERE, R. N. Why scientific models should not be regarded as works of fiction. In: SUARÉZ, M. (Ed.). **In fictions in science: philosophical essays on modelling and idealization**, London: Routledge, 2009. p. 248-258.

GIERE, R. N. An agent-based conception of models and scientific representation. **Synthese**, v. 172, p. 269-281, 2010.

GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; MARTÍNEZ-TERRADES, F. Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. In: PALACIOS, F. J. P.; CAÑAL DE LEON, P. (Ed.). **Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**, Alcoy: Marfil, 2000. p. 11-34.

GILBERT, J. K. Visualization: a metacognitive skill in science and science education. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in science education**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 9-27.

GODOY, A. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20- 29, 1995.

GRAÇA, A. **O conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino do basquetebol**. 1997. 331 f. Tese (Doutorado em Ciências do Desporto) - Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Porto, 1997.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de Física General, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 95-108, 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/5artigo.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

\_\_\_\_\_. Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, n. 15, v. 2, p. 107-120, 1998.

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

GESS-NEWSOME, J. Pedagogical content knowledge: an introduction and orientation. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Examining pedagogical content knowledge**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p. 3-17.

GUTIERREZ, J. Fundamentos pedagógicos y didácticos. In: PALACIOS, F. J. P.; CAÑAL DE LEON, P. (Ed.). **Didáctica de las ciencias experimentales**: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias, Alcoy: Marfil, 2000. p. 109-139.

GUTIÉRREZ, R. La modelización y los procesos de enseñanza-aprendizaje. **Alambique**: Didáctica de las Ciencias Experimentales, n. 42, p. 8-18, 2004.

GUTIERREZ, R. Polisemia actual del concepto “modelo mental”. Consecuencias para la investigación didáctica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10 n. 2, p. 209-226, 2005.

HALLOUN, I. Schematic modelling for meaningful learning of physics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 9, p. 1019-1041, 1996.

HAMPSON, P.J; MORRIS, P. E. **Understanding cognition**. Cambridge, MA: Blackwell Publishers Inc. 1996

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. **Science Education**, v. 80, p. 509-534, 1996.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Chemical Education**: towards research-based practice. Dordrecht: Kluwer, 2002. p. 213-234.

HASHWEH, M. Z. Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and physics. **Teaching and Teacher Education**, v. 3, n. 2, p. 109-120, 1987.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **International Journal of Science Education**, n. 14, v. 5, p. 541-566, 1992.

HOWEY, K. Six major functions of staff development: an expanded imperative. **Journal of Teacher Education**, v. 36, n. 1, p. 58-64, 1985.

IMBERNÓN, F. **La formación y el desarrollo profesional del profesorado**. España: Biblioteca de Aula. 1998

IZQUIERDO, M. Un nuevo enfoque de la enseñanza de la Química: contextualizar y modelizar. **The Journal of the Argentine Chemical Society**, v. 92, n. 4/6, p. 115-136, 2004.

IZQUIERDO, M.; SANMARTI, N.; ESPINET, M.; fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 45-59, 1999.

\_\_\_\_\_. Actividad Química escolar: modelización meta cognitiva del cambio químico. In: IZQUIERDO, M.; CAAMAÑO, A.; QUINTANILLA, M. (Ed.). **Investigar en la enseñanza de la Química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar**. Cerdanyola del Vallès: Universidad Autónoma de Barcelona, 2007. p. 141-163.

JENSEN, W.B. Logic, history and the chemistry textbooks I: does chemistry have a logical structure? **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 6, p. 679-687, 1998.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-chemistry. **The School Science Review**, p. 64-377, 1982.

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 24, p. 173-184, 2006.

\_\_\_\_\_. Las concepciones de modelo de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. In: CAAMAÑO, A. (Coord.). **Didáctica de la física y la Química**. Barcelona: Editorial Graó, 2011. p. 85-98.

JUSTI, R.; GILBERT, J. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, n. 24, p. 369-387, 2002.

JUSTI, R.; CHAMIZO, J.; GARCIA, A.; FIGUEIREDO, K. Experiencias de formación de profesores de ciencias latinoamericanos sobre modelos y modelaje. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n. 29, p. 413-426, 2011.

KAWULICH, B. B. La observación participante como método de recolección de datos. **Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research**, v. 6, n. 2, May 2005. Disponible em: < <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/466/998> >. Acceso em: 8 dez. 2015.

KEMMIS, S.; MCTAGGART, R. **Cómo planificar la investigación-acción**, Barcelona: Laertes, 1988.

KIND, V. **Más allá de las apariencias: ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de Química**. México: UNAM, Facultad de Química, 2004.

\_\_\_\_\_. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. v. 45, n. 2, p. 169-204, 2009.

KUHN, T. S. **La estructura de las revoluciones científicas**. México: Fondo de Cultura Económica, 1972.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Editorial Alianza, 1983.

LOMBARDI, O. Los modelos como mediadores entre teoría y realidad. In L. GALAGOVSKY, **Didáctica de las Ciencias Naturales: El caso de los modelos científicos**. Buenos Aires: Lugar Editorial, p. 83 - 93, 2011.

LOUGHRAN, J.; GUNSTONE, R.; BERRY, A.; MILROY, P.; MULHALL, P. Science cases in action: developing an understanding of science teachers' pedagogical content knowledge. In: ANNUAL MEETING OF THE NATIONAL ASSOCIATION FOR RESEARCH IN SCIENCE TEACHING, 73rd, 2000, New Orleans. [Paper]. Maryland: ERIC, 2000. Disponível em: < <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED442630.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

LOUGHRAN, J.; MILROY, P.; BERRY, A.; GUNSTONE, R.; MULHALL, P. Documenting science teachers' pedagogical content knowledge. **Research in Science Education**, v. 31, p. 289-307, 2001.

LOUGHRAN, J.; MULHALL P.; BERRY, A. In search of pedagogical content knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 4, p. 370-391, 2004.

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

MARCELO, C. **Formação de professores para uma mudança educativa**. Portugal: Coleção Ciências da Educação. Século XXI. Porto Editora. 1999

MARCON, D.; GRAÇA, A. B. S.; NASCIMENTO, J. V. Reinterpretação da estrutura teórico-conceitual do conhecimento pedagógico do conteúdo. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.25, n.2, p.323-339, 2011. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbefe/v25n2/13>>. Acesso em: 14 dic. 2016

MARTINAND, J. L. Enseñanza aprendizaje de la modelación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 4, p. 45-50, 1986.

MEDEIROS, A.; BEZZERRA, F. A natureza da Ciência e a instrumentação para o ensino. **Ciência e Educação**, v. 2, n. 6, p.107-117, 2000.

MELLADO V. La formación y el desarrollo profesional del profesorado de ciencias experimentales. **TED**, n. 35, p. 7-10, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n35/n35a01.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

MEN. Ministerio de Educación Nacional. **Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental**. Bogotá. 1998

MEN Ministerio de Educación Nacional. **Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y en Ciencias Sociales**. Bogotá. 2004

MIZUKAMI, M. Aprendizagem da docência: algumas contribuições de LS Shulman. **Educação**, v. 29, n. 2, p. 33-50, 2004.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**: Bauru, SP, v. 9, n. 2, p. 191-210, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo construído de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v.12, n.1, p.117-128, 2006

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 1, p. 193-232, 1996.

\_\_\_\_\_. Pesquisa em educação em Ciências: métodos qualitativos. **Actas del PIDEC**, v. 4, p. 25-55, 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquali.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

\_\_\_\_\_. Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos. **Actas del PIDEC**, v. 1, p. 5-38, 1999. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/pesquisaemensino.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; PALMERO, M. L. R. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. **Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências**, v. 3, n. 2, p. 36-56, 2002.

MORRISON, M.; MORGAN, M. S. Models as mediating instruments. In MORGAN, M.S. Y MORRISON, M. (eds.) **Models as mediators**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, p. 10-37

MORTIMER, E. F.; MOL, G.; DUARTE, L. P. Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou Ciência? **Química Nova**, v. 17, p. 243-252, 1994.

NERSESSIAN, N. How do scientifics think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In: GIÉRE, R. N. (Ed.). **Cognitive models of science**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1992. p. 3-45.

NICOLL, G. A report of undergraduates' bonding misconceptions. **International Journal of Science Education**, v. 23, p. 707- 730, 2001.

NILSSON, P. From lesson plan to new comprehension: exploring student teachers' pedagogical reasoning in learning about teaching. **European Journal of Teacher Education**, v. 32, p. 239-258, 2009.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Ed.). **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. p. 6-14.

NUÑEZ, M.; BARRÍA, C. Formación inicial de profesores de educación media de ciencia mediante la teoría de enseñanza y aprendizaje basada en modelos mentales. **Enseñanza de las Ciencias**, p. 2476-2480, 2009. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2476-2480.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

OSTERMANN, F. A. Epistemología de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 2, p. 184-196, 1996. Acesso em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85016/000257126.pdf?sequence=1>> Acesso em: 15 ago. 2015.

OTERO, M. **Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias**. 2001. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol4/n2/v4\\_n2\\_a2.htm#Nota 1](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol4/n2/v4_n2_a2.htm#Nota 1)>. Acesso em: 15 jan. 2014.

PAULING, L. C. **The nature of the chemical bond, and structure of molecules and crystals: an introduction to modern structural chemistry**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1940.

PETERSON, R F.; TREAGUST, D. F.; GARNETT, P. Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 26, p. 301-314, 1989.

POPPER, K. **La lógica de la investigación científica**. Madrid: Tecnos. 1962

PORLAN, R. A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o Ensino de Ciência. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. 70, p. 70-83, jun. 2002.

PORLAN, R.; RIVERO, A.; MARTIN DEL POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I; Teoría métodos e instrumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v.15, n.2, p. 155-171, 1997.

PORLAN, R.; RIVERO, A.; MARTIN DEL POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II; Estudios empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**, v.16, n.2, p. 271-288, 1998.

POSADA, J. M. Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 227-245, 1999.

RAVILOLO, A.; GARRITZ, A. Decálogos e inventários. **Educación Química**, v. 16, Núm. extraord., p. 106-110. 2005.

REYES, F.; GARRITZ, A. Conocimiento pedagógico del concepto de “reacción Química” en profesores universitarios mexicanos. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 11, n. 31, p. 1175-1205, 2006. Disponível em: <<https://www.comie.org.mx/v1/revista/portal.php?idm=es&sec=SC03&sub=SBB&critério=ART00433>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

RODRÍGUEZ, G.; GIL J.; GARCÍA, E. **Metodología de la investigación cualitativa**. Archinona: Ediciones Aljibe, 1996.

ROUSE, W. B.; MORRIS, N. M. On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. **Psychological Bulletin**, n. 100, v. 3, p. 349-363, 1986.

SALAZAR, S. F. El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente. **Actualidades Investigativas en Educación**, v. 5, n. 2, 2005. Disponible em: <[http://revista.inie.ucr.ac.cr/uploads/tx\\_magazine/conocimiento.pdf](http://revista.inie.ucr.ac.cr/uploads/tx_magazine/conocimiento.pdf)>. Acceso em: 15 jan. 2014.

SANCHEZ, B.; VALCARCEL, P. Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias naturales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 33-44. 1993.

SANDERS, L. R.; BORKO, H.; LOCKARD, J. D. (1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification. **Journal of Research in Science Teaching**, n. 30, p. 723-736.

SANTOS, L. M.; SARTO, L. E.; BOZZA, G. F.; DE ALMEIDA, E. T. Química de coordenação: um sonho audacioso de Alfred Werner. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 5, p. 1260-1281, 2014.

SCHÖN, D. A. **La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje de las profesiones**. Barcelona: Paidós 1987.

\_\_\_\_\_. **El profesional reflexivo. ¿Cómo piensan los profesionales cuando actúan?** Barcelona: Paidós, 1998.

SERRANO, G. P. **Investigación cualitativa: retos e interrogantes**. Madrid: La Muralla, 1998.

SCHWAB, J. J. **Science, curriculum and liberal education**. Chicago: University of Chicago Press, 1978.

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

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

SHULMAN, L. Conocimiento y enseñanza. **Estudios Públicos**, p. 163-196, 2001.

SMITH, D. C.; NEALE, D. C. The construction of subject matter knowledge in primary science teachers. **Teaching and Teacher Education**, v. 5, n. 1, p. 1-20, 1989.

SOLVES, J.; SILVESTRE, V.; FURIO, C. El desarrollo histórico de los modelos de átomo enlace químico y sus implicaciones didácticas. **Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales**, n. 24, p. 83-105, 2010.

STENHOUSE, L. **Action research and teacher's responsibility for educational process. In research as a basis for teaching**. Eds. Rudduks, J. and Hopkins, D. London: Heinemann. 1985.

SUCKLING, C. J.; SUCKLING, K. E.; SUCKLING, C. W. **Chemistry through models**. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

TABER, K. S. Misunderstanding the ionic bond. **Education in Chemistry**, v. 31, n. 4, p. 100-102, 1994.

TABER, K. S. An alternative conceptual framework from chemistry education. **International Journal of Science Education**, v. 20, p. 597-608, 1998.

TAN, K. C.; TREAGUST, D. F. Evaluating students' understanding of chemical bonding. **School Science Review**, v. 81, n. 294, p. 75-83, 1999.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 4. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

TOULMIN, S. **El uso colectivo y la evolución de los conceptos**. Madrid: Alianza Editorial, 1977.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G. Y.; MAMIALA, T. L. Students' understanding of the role of scientific models in learning science. **International Journal of Science Education**, v. 4, n. 24, p. 357-368, 2002.

VALCÁRCEL, M. V.; SÁNCHEZ, G. La formación del profesorado en ejercicio: In: PALACIOS, F. J. P.; CAÑAL DE LEON, P. (Ed.). **Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**, Alcoy: Marfil, 2000. p. 557-581.

VAN DRIEL, J.; VERLOOP, N.; DE VOS, W. Developing science teachers' pedagogical content knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, p. 673-695, 1998.

VOSNIADOU, S.; BREWER, W. Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. **Cognitive Psychology**, n. 24, p. 535-585, 1992. Disponível em: <[http://web.stanford.edu/~kcarmel/CC\\_BehavChange\\_Course/readings/Vosniadou\\_mentalmodels\\_1992.pdf](http://web.stanford.edu/~kcarmel/CC_BehavChange_Course/readings/Vosniadou_mentalmodels_1992.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2014.

ZUNIGA, J. O.; PEREZ J. P.; MATOS, M. S. Modelização do conceito de equilíbrio químico a partir da história da Ciência. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. [Anais...]. Curitiba: UFPR, 2008. Disponível em: <[www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0873-1.pdf](http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0873-1.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2014.

## **APÊNDICES E ANEXOS**

## APÊNDICE 1. Questionário diagnóstico

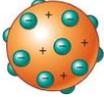
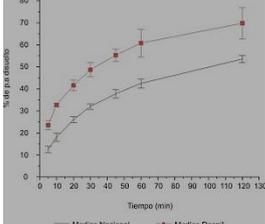
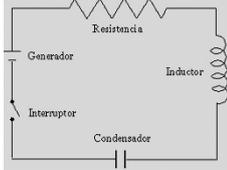
**PROYECTO:** o PCK do professor de Química sobre os modelos de ligação química e sua modelagem na sala de aula.

**PROFESOR CARLOS HUMBERTO ZULUAGA TRUJILLO**

### PREGUNTAS INTRODUCTORIAS

1. En la vida cotidiana utilizamos la palabra modelo para designar diferentes cosas, por ejemplo algún tipo de objeto (un auto), un patrón a seguir o una persona que luce su cuerpo, vestidos o accesorios. Sin embargo, dentro del contexto científico el término modelo tiene otros usos. ¿Dentro del contexto científico que es para usted un modelo?

2. ¿Cuáles de las siguientes entidades considera usted que son modelos? Y cuáles. No, justifica tu elección.

	$d = \frac{m}{V}$			

3. ¿En su labor como profesor de ciencias enseña usted a sus estudiantes, el significado de un modelo y su importancia en el conocimiento científico? ¿Por qué?

4. Piense en algunos de los modelos que usted enseña en sus clases de ciencias ¿Cuáles considera usted son las principales aspectos que caracterizan estos modelos?

5. Un fenómeno puede ser explicado en forma válida desde diferentes modelos, un ejemplo de ellos es la luz que puede ser explicada desde un modelo ondulatorio o desde un modelo de partículas, cada uno de estos atienden a diferentes características del fenómeno. ¿Reconoce este aspecto en alguno de los modelos enseñados en sus clases de ciencias? Cite un ejemplo

6. ¿Los modelos científicos cambian? ¿Cuáles son las razones para que ocurra este cambio? ¿Considera necesario el conocimiento acerca de cómo han cambiado los modelos científicos en la historia para su enseñanza? ¿Por qué?

7. ¿Qué entiende usted por modelos mentales? ¿Qué relación existe entre los modelos mentales, los modelos científicos y los modelos enseñados en las clases de ciencias?

8. ¿Elabora usted actividades de creación de modelos con sus alumnos? ¿Qué tipo de actividades realiza?



### APÊNDICE 3. Términos de consentimiento libre e informado

**Título de la investigación:** "O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo(PCK) do professor de Química e seu desenvolvimento a partir da reflexão sobre os modelos de ligação química e sua modelagem"

**Nombre del investigador (a):** Carlos Humberto Zuluaga Trujillo

**Nombre del Orientador (a):** Prof. Dr. Luiz Antônio Oliveira

**1. Naturaleza de la investigación:** se invita al (a la) señor(a) para participar en este estudio que tiene como objetivo Identificar y caracterizar como se desarrolla el Conocimiento pedagógico del Contenido (PCK) del profesor de Química sobre el enlace químico a través de un proceso de formación continuada que aborda o tema de modelos e modelación en el aula, focalizado en los modelos de enlace químico y que se fundamenta en la reflexión del profesor sus conocimientos y su práctica en el aula.

**2. Participantes de la investigación:** En esta investigación se desarrollara un proceso de discusión y reflexión del que participaran cuatro personas como grupo focal de estudio las cuales se desempeñan como profesores de Química en educación media.

**3. Participación en la investigación:** Al participar de este estudio usted permitirá al investigador Carlos Humberto Zuluaga Trujillo, la toma de datos relacionados con sus conocimientos y prácticas como profesor en la enseñanza de los conceptos de la Química, a partir de la revisión de documentos, observación de clases, entrevistas e filmaciones de las sesiones del grupo focal de estudio.

Si usted participa de esta investigación es libre de negarse a continuar participando en cualquier fase de la investigación, sin ningún tipo de daño o perjuicio, siempre que lo desee puede solicitar más información acerca de la investigación a través del investigador del proyecto o su orientador.

**4. Acerca de las entrevistas:** Las entrevistas serán realizadas en el local de trabajo del profesor en el horario que tenga mayor disponibilidad y tendrán una duración promedio de 90 minutos. Las entrevistas serán filmadas en video para su posterior análisis.

**5. Los riesgos y molestias:** La participación en esta investigación no infringe las normas legales y éticos. Los procedimientos adoptados en este estudio cumplen con los criterios de la Ética en la Investigación Humana como Resolución 196/96 del Consejo Nacional de Salud de Brasil. Ninguno de los procedimientos utilizados ofrece riesgos para su dignidad.

**6. Confidencialidad:** Toda la información recogida en este estudio es estrictamente confidencial. Sólo el investigador y su orientador serán conscientes de su identidad y comprometernos a mantener la confidencialidad al publicar los resultados de esta investigación.

**7. Beneficios:** Al usted participar de esta investigación no tendrá ningún beneficio directo. Sin embargo, esperamos que este estudio proporcione información importante sobre el conocimiento y practica de los profesores de Química, por lo que el conocimiento que se construye a partir de esta investigación puede servir de referente investigativo en el campo de la formación de profesores, por lo cual el investigador se compromete a difundir los resultados, respetando la confidencialidad en la información recogida como se ha mencionado en el punto anterior.

**8. Pago:** El participar en este estudio no tiene costos para usted y no recibirá ningún pago por estar en este estudio.

Después de estas aclaraciones, solicitamos su libre consentimiento para participar en esta investigación. Por tanto, por favor diligencie los siguientes datos:

Certifico que he recibido copia de este formulario de consentimiento, y autorizo la ejecución de los trabajos de investigación y difusión de los datos obtenidos en este estudio.

Nota: No firme este término si todavía tiene dudas acerca del mismo.

### **CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO**

Teniendo clara la información presentada en este documento, yo, de forma libre e informada manifiesto mi consentimiento para participar en esta investigación

\_\_\_\_\_  
Nombre del participante de la investigación

\_\_\_\_\_  
Firma del participante de la investigación

\_\_\_\_\_  
Firma investigador

\_\_\_\_\_  
Firma del orientador

Investigador: Carlos Humberto Zuluaga Trujillo Tel: +57 3044552700.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Oliveira Tel.: +5516981174889.

---

**APÊNDICE 4. Cronograma do segundo momento do processo formativo**

Mês Semana / ano		Fevereiro/15				Março/15				Abril/15				Maio/15				Juno/15				Agosto/15				Setembro/15			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Segunda fase  Desenvolvimento do processo formativo  Encontros Reflexivos.	Visões do professor sobre a Ciência e a atividade científica	X																											
	O valor dos modelos e a modelagem na Ciência				X	X																							
	A modelagem como proposta didática na sala de aula									X	X																		
	Pré-requisitos conceituais e Dificuldades na aprendizagem da ligação química													X	X														
	História do conceito de ligação química e seu valor no ensino																	X	X			X							
	A elaboração de unidades didáticas																							X		X			
	Levantamento dos relatos narrativos das aulas													X	X	X	X	X	X	X	X	X							

## **APÊNDICE 5. Questões de reflexão encontro N° 1**

### **Visiones del profesor sobre la Ciencia y la actividad científica**

El presente taller girara en torno a tres preguntas fundamentales. Contestemos brevemente estas preguntas

- ¿Cuál es mi visión sobre la ciencia?
- ¿Cómo se refleja esto en nuestras clases de ciencias?
- ¿Cuál es el propósito de enseñar ciencias?

### **Visiones deformadas sobre la ciencia y la actividad científica del profesor**

- 1. Una visión descontextualizada
- 2. Una concepción individualista y elitista
- 3. Una concepción empiro-inductivista y atórica
- 4. Una visión rígida, algorítmica, infalible...
- 5. Una visión aproblemática y ahistórica
- 6. Visión exclusivamente analítica
- 7. Visión acumulativa, de crecimiento lineal
- 8. Realismo Ingenuo

### **Preguntas de reflexión**

- ¿En cuáles de estas visiones deformadas incurrimos en nuestra práctica educativa y cómo podemos superarlas?
- ¿Qué características puede tener una visión actual de las ciencias y la actividad científica?
- ¿Qué propósito tiene la enseñanza de las ciencias desde esta visión?

**APÊNDICE 6. Guia empregada na atividade desenvolvida no encontro N° 2****TALLER 2 - actividad de modelación:****La materia que desaparece**

**1. Objetivo:** evidenciar el modelo mental que posee el profesor sobre la estructura de la materia al indagar sobre diferentes fenómenos.

**2. Origen del Modelo**

Elaboraremos un experimento en el cual vamos a juntar dos líquidos, agua destilada y etanol, observaremos que sucede con el volumen final obtenido en relación con los volúmenes iniciales.

**Materiales:**

- Uno o dos recipientes medidores
- Un vaso.
- Agua destilada.
- Etanol o alcohol etílico

**Procedimiento:**

Vertemos la cantidad de 50 mililitros de agua destilada en nuestro recipiente medidor. Una vez hecho esto, la echamos en un vaso. Repetimos el proceso con el etanol: vertemos 50 mililitros en el recipiente medidor y a continuación vertemos esa cantidad en el vaso. Por último, agregamos la mezcla de nuevo en el recipiente medidor y observamos que sucede con el volumen final de la mezcla.

3. ¿Qué observas? Describe detalladamente el fenómeno observado.

4. ¿Elabora una pregunta que te permita indagar sobre el fenómeno?

5. Plantea una hipótesis explicativa relación de la pregunta elaborada.

6. Elabora un modelo permita dar explicación del fenómeno ocurrido desde un nivel sub-microscópico utilizando símbolos que representen la materia a nivel molecular



**APÊNDICE 7. Questões de reflexão encontro N° 4****TALLER 3- Dificultades en la enseñanza aprendizaje del enlace químico.**

Preguntas para comenzar la discusión

- ¿Porque es importante el aprendizaje del enlace químico?
  
- ¿Qué dificultades presentan los estudiantes en la comprensión del enlace químico?
  
- ¿Qué conocimientos habilidades y actitudes son necesarias para el aprendizaje del enlace químico?

Pregunta para finalizar:

- ¿Qué utilidad tiene el conocimiento sobre las dificultades de los alumnos en el aprendizaje del enlace químico para la planificación de mis clases?





## ANEXOS

## ANEXO 1. Estrutura da CoRe

Representação do Conteúdo (CoRe)				
	Ideias centrais no tema de ligação química nas quais se divide seu ensino			
Perguntas	Ideia1	Ideia 2	Ideia 3	Etc.
1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre essa ideia?				
2. Por que é importante para os alunos aprenderem essa ideia?				
3. O que mais você sabe sobre essa ideia?				
4. Quais são as dificuldades e limitações ligadas ao ensino dessa ideia?				
5. Que conhecimento sobre o pensamento dos alunos tem influência no seu ensino sobre essa ideia?				
6. Que outros fatores influem no ensino dessa ideia?				
7. Que procedimentos/ estratégias você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?				
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou a confusão dos alunos sobre essa ideia?				

## ANEXO 2. Unidad didáctica construída pelo grupo colaborativo de profesores

### Unidad didáctica el enlace químico

A continuación se desarrolla la unidad didáctica en torno al concepto de enlace químico, para lo cual se sigue la propuesta de Sánchez e Valcárcel (1993) que recoge los siguientes elementos

1. Análisis científico
2. Análisis didáctico
3. Selección de objetivos
4. Selección de estrategias didácticas
5. Selección de estrategia de evaluación.

Cada uno de estos elementos se describe a continuación.

#### I. Análisis científico

En el análisis científico se pretendió determinar los contenidos pertinentes a desarrollar en la unidad, tomando en cuenta los tres tipos de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Los contenidos conceptuales se determinaron teniendo en cuenta los documentos de referencia, estándares curriculares, pero además surgen del proceso de reflexión desarrollado en torno a la enseñanza del concepto, los contenidos conceptuales se plantean a través de una serie de interrogantes que ofrece una secuencia lógica a su desarrollo.

Buscando establecer una relación entre los contenidos conceptuales se elabora un mapa conceptual que permite reconocer las relaciones entre los conceptos, la cual es también fruto de la discusión del equipo de trabajo.

Los contenidos procedimentales y actitudinales son tomados del material de referencia estándares curriculares el cual elabora una propuesta general de la cual seleccionamos los que más se adaptan al desarrollo que se pretende dar a los contenidos conceptuales propuestos

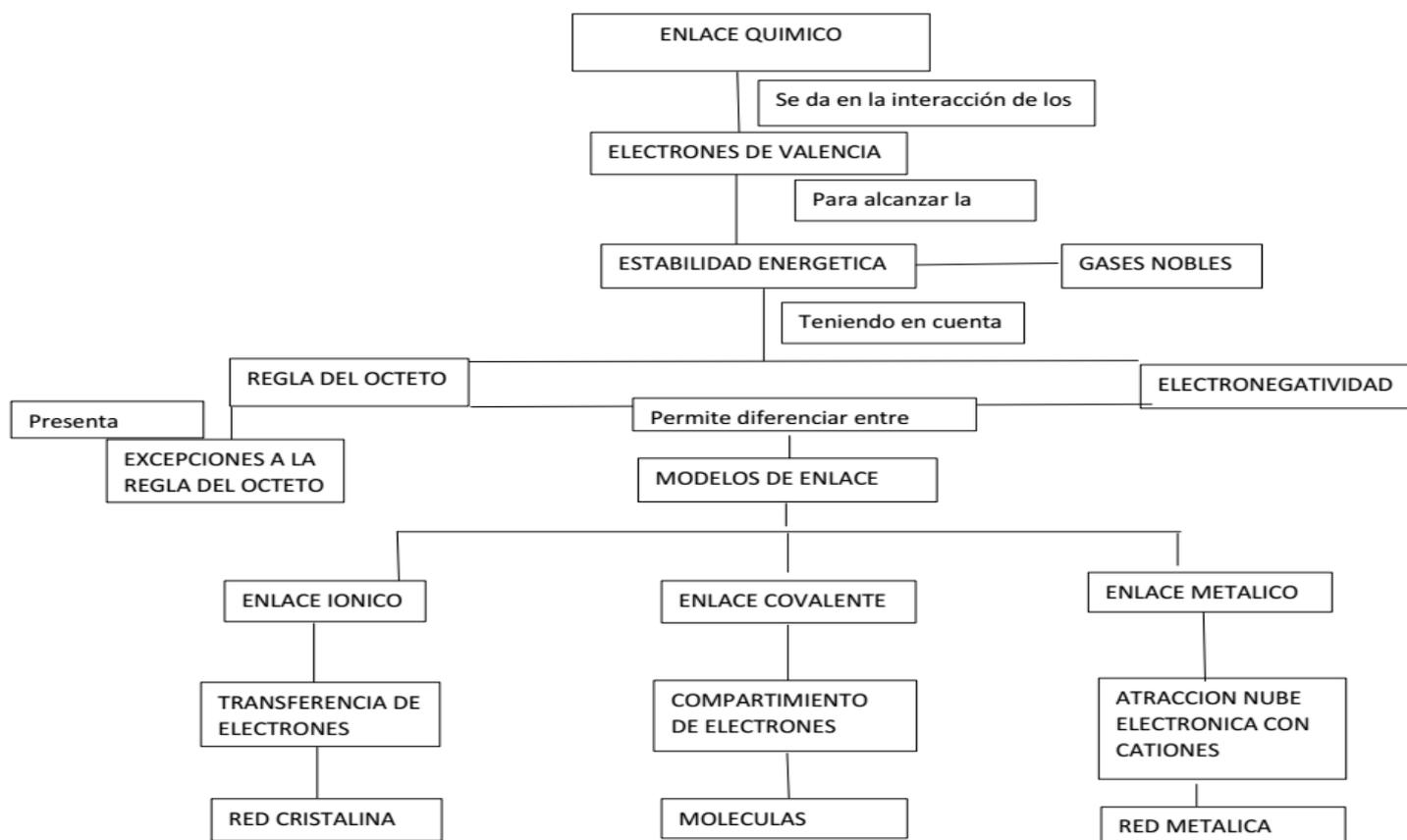
#### 1. Selección de contenidos

**Estándar:** Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y Químicas y su capacidad de cambio químico.

Manejo conocimientos propios de las ciencias	Me aproximo al conocimiento como científico natural	Desarrollo compromisos personales y sociales
<p>1. ¿Por qué se unen los átomos? Se espera que el estudiante relacione el enlace químico con la estabilidad que alcanza un átomo al enlazarse con otro, explicado a través de la interacción de los electrones de valencia, la regla del octeto y la electronegatividad.</p>	<p>Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos.</li> <li>• Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento.</li> <li>• Propongo modelos para predecir los resultados de mis</li> </ul>	<p>Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos.</p> <p>Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumpló mi función</li> </ul>

<p>2. ¿Cómo se representan los enlaces entre átomos? Se espera que represente con estructuras de Lewis uniones estables de átomos que cumplen la regla del octeto</p> <p>3. ¿Cómo influye la electronegatividad en el tipo de enlace? Se espera que el estudiante relacione la electronegatividad con la formación de los enlaces y el tipo de enlace que se forma.</p> <p>4. ¿Cuáles son las principales excepciones generales en la formación del enlace químico desde la regla del octeto? Se espera que el estudiante reconozca que existen sustancias en la naturaleza las cuales son excepciones a la regla del octeto.</p> <p>5. ¿Que Caracteriza cada tipo de enlace? El estudiante aplica los conceptos de electronegatividad, transferencia de iones, compartimiento y atracción electrónica para clasificar los enlaces.</p>	<p>experimentos y simulaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizo mediciones con instrumentos y equipos adecuados.</li> <li>• Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas.</li> <li>• Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna.</li> <li>• Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia.</li> <li>• Establezco diferencias entre modelos, teorías, leyes e hipótesis.</li> <li>• Busco información en diferentes fuentes, escojo la pertinente y doy el crédito correspondiente.</li> <li>• Establezco relaciones causales y multicausales entre los datos recopilados.</li> <li>• Relaciono la información recopilada con los datos de mis experimentos y simulaciones.</li> <li>• Saco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados.</li> <li>• Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas.</li> <li>• Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otros y con las de teorías científicas.</li> <li>• Comunico el proceso de indagación y los resultados, utilizando gráficas, tablas, ecuaciones aritméticas y algebraicas.</li> <li>• Relaciono mis conclusiones con las presentadas por otros autores y formulo nuevas preguntas.</li> </ul>	<p>cuando trabajo en grupo y respeto las funciones de otras personas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Me informo para participar en debates sobre temas de interés general en ciencias</li> </ul>
---	--	--

## 2. Estructura conceptual



## II- Análisis didáctico

### 1. Ideas previas de los estudiantes en torno al enlace químico:

El enlace químico es una temática con la cual el estudiante tiene poca relación en su cotidiano, el universo de los átomos y las moléculas y las explicaciones de cómo interactúan en la formación de diferentes especies moleculares, precisa de un nivel de abstracción al cual solo suele enfrentarse a través de los procesos formales de enseñanza. Así lo poco que el estudiante trae al aula sobre este tema, está relacionado con los aprendizajes construidos en procesos de enseñanza-aprendizaje anteriores. En relación con esto, se reconocen en la literatura algunas concepciones alternativas que suelen desarrollar los estudiantes sobre el enlace químico a través de los procesos de enseñanza y que se constituyen como elementos importantes de análisis que se desarrollan:

- En general se presenta confusión entre el enlace iónico y el covalente, en cuanto a su definición y las propiedades físicas y Químicas que presentan.
- Los compuestos iónicos son vistos como entidades discretas similares a las moléculas sin red cristalina.
- Se considera los enlaces covalentes como débiles debido a que presentan menores puntos de ebullición en comparación con los compuestos iónicos.
- Se cree que cuando una sustancia cambia de estado se rompen los enlaces.
- No se diferencian fuerzas intermoleculares de fuerzas intra-moleculares.

- Se cree que en los enlaces covalentes los electrones se comparten por igual.
- No se considera el papel de la electronegatividad en el compartimiento de electrones.
- Se cree que el enlace químico se forma para satisfacer la regla del octeto.
- Se cree que en todos los casos la formación de un enlace químico requiere energía y su rompimiento libera energía.
- Se confunden átomos con células, se relaciona el núcleo del átomo con el núcleo celular.
- Los electrones están estáticos en el enlace químico
- Se atribuyen propiedades macroscópicas a los átomos y moléculas.

Además de estas ideas, derivadas de la literatura y que se reconocen en la práctica se identifican las siguientes que son fruto del conocimiento adquirido a través de la experiencia:

- Los estudiantes en muchos casos no presentan un modelo adecuado del átomo para interpretar el enlace químico, por ejemplo, el modelo de Bohr es pensado en espacio plano dificultando la comprensión de lo que sucede cuando se enlazan los átomos. Es pertinente trabajar el concepto de espacio probabilístico.
- Para la enseñanza aprendizaje del enlace químico Debe estar claro el concepto de configuración electrónica.

## 2. Exigencia cognitiva de los contenidos e implicaciones de la enseñanza

El enlace químico es un tema que presenta dificultad para los estudiantes, para su comprensión deben estar claros los temas de configuración electrónica, propiedades periódicas, en particular la electronegatividad, estructura atómica y modelos atómicos.

El estudiante a este nivel de grado 10 solo consigue una comprensión parcial del modelo de Bohr, la noción de orbitales y de espacio probabilístico. Teniendo en cuenta el nivel de complejidad que implica la comprensión de este concepto y como se ha dado su desarrollo, el marco de referencia desde el cual se ha explicado son las estructuras de Lewis y la regla del octeto. Siendo conscientes de las limitaciones de este marco de referencia consideramos que sigue siendo un referente importante a este nivel educativo, en tanto que avanzar a marcos de referencia más complejos como la teoría de orbitales moleculares implicaría conocimientos más avanzados que los estudiantes no poseen y que serían difíciles de alcanzar en el poco tiempo que se tiene.

La formación del octeto permite discutir el tema de la estabilidad energética presente en los gases nobles el cual es el fundamento para la formación de los enlaces. Se hace importante también enseñar las limitaciones de la regla del octeto para explicar algunas estructuras Químicas lo que puede servir para discutir otras explicaciones alternativas a la regla del octeto y dejar claro que esta solo explica algunos casos, y que existen otras explicaciones al enlace químico.

Consideramos que es importante el trabajo con modelos de modo que los estudiantes puedan interiorizar de forma mejor los diferentes tipos de enlace, los modelos servirían

como media de enseñanza aprendizaje y evaluación. Los modelos que se elaboren pueden ser materiales como tradicionalmente se han elaborado, con icopor, plastilina, palillos etc. Además de estos pueden utilizarse software educativo que apoyen este trabajo.

También consideramos importante la elaboración de laboratorios, la cual permitiría al estudiante familiarizar los conceptos que se aprendan y relacionarlos con el mundo real.

### III- Selección de objetivos:

Teniendo en cuenta el análisis científico y el análisis didáctico se definen los siguientes objetivos de aprendizaje para el desarrollo de la unidad didáctica

1. Relacionar la formación del enlace químico entre los átomos con la tendencia a adquirir mayor estabilidad, similar a la que poseen los gases nobles, relacionando esta característica con la configuración electrónica del último nivel.
2. Utilizar estructuras de Lewis para representar los electrones de valencia en átomos, iones y la formación de enlaces entre los átomos teniendo en cuenta la regla del octeto.
3. Reconocer que existen sustancias en la naturaleza que en su estructura Química representan excepciones a la regla del octeto.
4. Reconocer el papel de la electronegatividad en la formación de los enlaces y sus características.
5. Relacionar propiedades físicas y Químicas de las sustancias con el tipo de enlace que las conforman.
6. Construir modelos tridimensionales para representar y explicar la estructura Química y propiedades de sustancias con diferentes tipos de enlace.

### IV- Actividades de enseñanza aprendizaje

#### Actividad 1

##### Objetivo de Aprendizaje

1. Relacionar la formación del enlace químico entre los átomos con la tendencia a adquirir mayor estabilidad, similar a la que poseen los gases nobles, relacionando esta característica con la configuración electrónica del último nivel.

#### ¿Por qué se unen los átomos?

En la actualidad, se conocen 118 elementos químicos de los cuales 98 se encuentran en la naturaleza y los restantes han sido producidos en el laboratorio. Los últimos seis elementos: bohrio, hassio, meitnerio, darmstadtio, roentgenio y copernicio fueron obtenidos hace poco y su estabilidad es tan baja que solo se conservan unos segundos antes de transformarse en otros elementos.

El elemento con mayor presencia en el Universo en su forma elemental es decir sin estar unido a otros elementos es el hidrógeno, que es el combustible de las estrellas, y , en segundo lugar, se encuentra el helio. En la corteza y atmósfera terrestres, donde se concentra la vida en nuestro planeta, la mayor parte de los elementos químicos no se encuentran en forma elemental si no haciendo parte de sustancias compuestas. Así, el elemento más abundante en la tierra es el oxígeno que se encuentra formando parte del agua (H<sub>2</sub>O), el oxígeno atmosférico (O<sub>2</sub>) el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre otros. Los elementos pueden mezclarse entre sí para concebir nuevas sustancias. En la actualidad, el

registro conocido incluye más de 55 millones de sustancias únicas, orgánicas e inorgánicas. Cada día la investigación en Química añade más de 12.000.

El número de sustancias Químicas posibles depende del número de elementos y de sus compuestos, así como de las distintas formas en que pueden unirse para formar nuevos compuestos. Las estimaciones acerca del número de sustancias posibles van desde  $10^{18}$  (cerca del número de granos de arena que hay en la Tierra) hasta  $10^{200}$  (un número que supera en  $10^{100}$ , como mínimo, al número de partículas del universo).

#### Preguntas

- ¿Por qué existe tal cantidad de sustancias posibles si solo se conocen 118 elementos químicos?
- ¿Por qué crees que los átomos se unen entre sí?
- ¿Crees que los átomos se unen al azar o existe alguna regla para su combinación?

A continuación, ampliaremos estas preguntas.

## Actividad 2

### Actividad de observación

¿Porque se unen los átomos?

#### Materiales:

2 Beaker

Espátula

Agitador de vidrio

Agua

Sodio metálico

Cloruro de sodio

#### Procedimiento

1. Escribe las propiedades observables del sodio y el cloruro de sodio,

Propiedades del sodio	Propiedades del NaCl

2. Observa el experimento demostrativo que presentara tu profesor en el cual se pretende comparar la reactividad del NaCl y del Na al mezclarse con el agua, describe y dibuja lo que sucede

Sodio + Agua (Na + H <sub>2</sub> O)	Cloruro de sodio + agua (NaCl + H <sub>2</sub> O)

--	--

Responde:

¿Qué significa que el sodio reaccione violentamente con el agua?

¿Qué significa que el NaCl no reaccione con el agua?

¿Cuál sustancia es más estable el Na o el NaCl? ¿Por qué?

Teniendo en cuenta lo observado elabora una hipótesis ¿Por qué se unen los átomos

### Actividad 3

#### Presentación de Video

Observa el video presentado por el profesor y atiende sus explicaciones.

<https://www.youtube.com/watch?v=ZOoThjDRhOk&index=1&list=PL360tUZKyoPfuHnd0tSMO7kujn1uNhRwV>

Desarrolla las siguientes preguntas de acuerdo con la información del video.

1. ¿En qué estado se encuentran la mayor parte de los átomos en la naturaleza?
2. ¿Por qué los átomos tienden más a estar unidos formando moléculas o agregados de átomos que a estar solos?
3. ¿Cuál es la característica principal de los gases nobles?
4. ¿Porque los gases nobles no se enlazan?
5. ¿Qué le sucede o que se modifica en un átomo cuando se enlaza con otro?
6. ¿Que proponen Kosel y Lewis para explicar el enlace químico?
7. ¿ En qué consiste la regla del octeto?

### Actividad 4

#### Objetivos de aprendizaje

7. Utilizar estructuras de Lewis para representar los electrones de valencia en átomos, iones y la formación de enlaces entre los átomos teniendo en cuenta la regla del octeto.

## ¿Cómo se representan los enlaces entre átomos?

De acuerdo a lo estudiado hasta el momento los átomos se enlazan entre sí para formar moléculas o agregados que presentan una mayor estabilidad que los átomos individuales, Kosel y Lewis lograron identificar que esta estabilidad se alcanza en muchos casos cuando el átomo logra la configuración electrónica del gas noble más cercano es decir cuando completa su último nivel de energía a lo que se denominó regla del octeto.

Gilbert Lewis fue la persona que creó la representación de los electrones de valencia en un átomo. Lo realizó por medio de puntos alrededor del símbolo del elemento, un punto por cada electrón. Por ejemplo el sodio tiene un electrón de valencia, entonces se representa así:  $\text{Na}^\bullet$ . Gracias a esta representación, se puede explicar de manera más clara lo que ocurre en los enlaces químicos

A continuación elaboraremos representaciones de Lewis para diferentes elementos químicos de la tabla periódica y estableceremos enlaces entre ellos siguiendo la regla del octeto.

### Actividad de modelación

#### Instrucciones

1. Conformar equipos de trabajo de 4 a 5 estudiantes.
2. Utilizando materiales como cartulina y marcadores construir tarjetas en cartulina donde se representen las estructuras de Lewis para diferentes elementos de los grupos representativos de la tabla periódica como se observa en la siguiente tabla.

Grupo # electrones de valencia	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	H <sup>•</sup>	Be	B <sup>•</sup>	C <sup>••</sup>	N <sup>•••</sup>	O <sup>••••</sup>	F <sup>•••••</sup>	Ne <sup>••••••</sup>
	Li <sup>•</sup>	Mg	Al <sup>•</sup>	Si <sup>••</sup>	P <sup>•••</sup>	S <sup>••••</sup>	Cl <sup>•••••</sup>	Ar <sup>••••••</sup>
	Na <sup>•</sup>	Ca	Ga <sup>•</sup>	Ge <sup>••</sup>	As <sup>•••</sup>	Se <sup>••••</sup>	Br <sup>•••••</sup>	Kr <sup>••••••</sup>
	K <sup>•</sup>	Sr	In <sup>•</sup>	Sn <sup>••</sup>	Sb <sup>•••</sup>	Te <sup>••••</sup>	I <sup>•••••</sup>	Xe <sup>••••••</sup>
	Rb <sup>•</sup>	Ba	Ta <sup>•</sup>	Pb <sup>••</sup>	Bi <sup>•••</sup>	Po <sup>••••</sup>	At <sup>•••••</sup>	Rn <sup>••••••</sup>

3. Una vez elaboradas las tarjetas establece enlaces entre dos o más elementos siguiendo la regla del octeto. Cada grupo de trabajo debe proponer como mínimo cinco estructuras que podrían formarse uniendo dos átomos y cinco estructuras que podrían formarse entre tres o más átomos. Los enlaces formados deben cumplir la regla del octeto no importa que repitas el mismo átomo más de una vez en la misma estructura Química.
  - ¿Cuáles estructuras formaste?
  - ¿Crees que estas estructuras existen de forma real en la naturaleza?
  - ¿Por qué?
4. A continuación tu profesor te asignara entre las estructuras que tu elaboraste una estructura Química que debes representar a nivel sub-microscópico (nivel de átomos y moléculas) utilizando materiales como icopor, plastilina, palillos, alambre y demás elabora un modelo representando como están enlazados los átomos que las conforman.

5. Para la próxima clase debes traer los modelos elaborados, consultar el nombre de la estructura Química asignada por tu profesor, sus usos y propiedades socializándola a tus compañeros

## Actividad 5

### Objetivos de aprendizaje

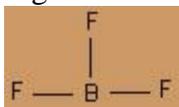
Reconocer que existen sustancias en la naturaleza que en su estructura Química representan excepciones a la regla del octeto.

### Lectura Excepciones a la regla del octeto

Como todo modelo, las estructuras de Lewis y la regla del octeto, son solamente una herramienta que permite proponer la estructura de los compuestos. Sin embargo, la naturaleza es complicada y no siempre se cumplen las reglas inventadas para simplificarla. Hay compuestos que no satisfacen la regla del octeto ni ninguna otra regla. Por ejemplo, el óxido nitroso NO, que es un gas subproducto de la combustión de la gasolina en los automóviles y uno de los contaminantes más importantes de la atmósfera, tiene 11 electrones de valencia. Dado que la regla del octeto demanda que los electrones se acomoden por parejas, al tener un número impar de electrones de valencia, este compuesto no puede satisfacerla.

Existen compuestos estables que tienen como átomo central a uno con menos de ocho electrones. Tal es el caso de algunos compuestos de boro, como el trifluoruro de boro. El boro tiene tres electrones de valencia, que al compartirse con los electrones del flúor completa seis electrones a su alrededor.

Figura



Estructura de Lewis del  $\text{BF}_3$ .

Podríamos escribir la estructura del  $\text{BF}_3$  con un enlace doble entre un flúor y el átomo de boro. De esta forma tanto el boro como los tres átomos de flúor cumplirían la regla del octeto. Sin embargo, la evidencia experimental indica que los enlaces entre el boro y el flúor son sencillos. Aquí es importante resaltar que la evidencia experimental es más importante que lo que se pueda predecir con la teoría. Así, el experimento indica que el compuesto  $\text{BF}_3$  se tiene que tratar como un compuesto que no satisface la regla del octeto.

La regla del octeto no se cumple en una gran cantidad de compuestos, como en aquéllos en los que participan el boro o el berilio a los que se les llama compuestos deficientes de electrones, porque tienen menos electrones de valencia que un octeto. A esta situación se le llama octeto incompleto.

Existen otros compuestos moleculares en los cuales alguno o algunos de sus átomos tienen con más de ocho electrones a su alrededor. El fósforo y el azufre son dos ejemplos. El fósforo tiene cinco electrones de valencia y el azufre seis. Cuando se combinan con algún elemento de la familia de los halógenos (flúor, cloro, bromo y yodo) pueden compartir diez (Ej.  $\text{PF}_5$ ) y hasta doce electrones. ( $\text{SCl}_6$ ), A esta situación se le conoce como expansión del octeto.



Figura. Estructura de Lewis del pentacloruro de fósforo y el hexafluoruro de azufre.

### Actividad

De acuerdo con la información de la lectura construye la representación de Lewis que te parece más adecuada para cada una de estas sustancias

- $H_2$  : Dihidrógeno
- $BeH_2$  : Hidruro de berilio
- $BH_3$  : Hidruro de boro
- $AlCl_3$  : Cloruro de aluminio
- $BF_3$  : Fluoruro de boro
- $AlI_3$  : Yoduro de aluminio
- $PCl_5$ : Pentacloruro de fósforo
- $SF_6$ : Hexafluoruro de azufre
- $H_2SO_4$ : ácido sulfúrico

Identifica si se trata de un octeto incompleto o de un octeto expandido.

### Actividad 6

#### Actividad de modelación

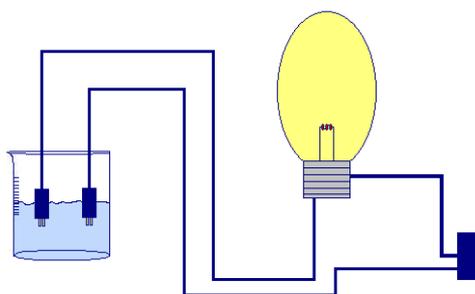
**1. Objetivo:** Relacionar propiedades físicas y Químicas de las sustancias con el tipo de enlace que las conforman

#### 2. Origen del Modelo.

Diseñemos un experimento para determinar la solubilidad de las siguientes sustancias en agua:

Azúcar, sal, alcohol, Glicerina, Bicarbonato de sodio, limaduras de hierro, Cenizas, Aceite, Vinagre, limón, papel aluminio.

2. Con los materiales traídos a clase construye un conductímetro como el presentado en la figura



Determina el carácter conductor o no conductor de la electricidad de las diferentes sustancias utilizadas en el experimento anterior.

A continuación, completa la tabla de datos

Sustancia	Conductividad	Solubilidad en Agua
Azúcar,		
sal		
alcohol		
Glicerina		
Bicarbonato de sodio,		
limaduras de hierro		
Cenizas		
Aceite		
Vinagre		
limón		

### Preguntas e Hipótesis

1. ¿Cuáles de las sustancias que sin disolver en agua conducen la electricidad?
2. ¿Cuáles de las sustancias disueltas en agua conducen la electricidad?
3. ¿Cuáles sustancias no conducen la electricidad en ninguna forma?
4. Clasifica las sustancias en estos tres grupos
5. ¿Porque ciertas sustancias conducen la electricidad cuando están disueltas en agua?
6. ¿Porque ciertas sustancias conducen la electricidad sin necesidad de disolverse en agua en agua?
7. ¿Porque ciertas sustancias no conducen la electricidad?
8. Existe alguna relación entre las sustancias que son solubles en agua y las que conducen la electricidad.

### Modelación

Selecciona una de las sustancias de cada uno de los grupos conformados y dibuja un modelo de cómo están organizados y unidos los átomos que las conforman de modo que se pueda explicar su carácter conductor o no conductor de la electricidad. Socializa y discute con tus compañeros de grupo tu propuesta.

Sustancia A

Sustancia B

Sustancia C

### Socialización y Sustentación del modelo

Consulta la estructura de las sustancias seleccionadas y elabora un modelo en tres dimensiones, tráelo a clase en la siguiente sesión y explica cómo están organizados y unidos los átomos que las conforman así como su carácter conductor o no conductor de la electricidad y solubilidad.

### Actividad 7 - Sistema de colores CPK

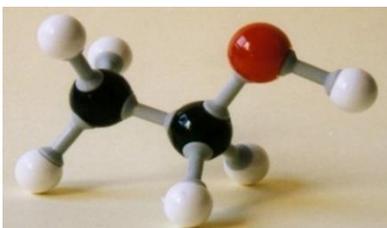
En Química, el esquema o sistema de colores CPK es una popular convención de colores para distinguir átomos de diferentes elementos químicos en modelos moleculares. Muchos de los colores CPK aluden nemotécnicamente a los colores de los elementos en estado puro o formando compuestos destacados.

El esquema recibe su nombre de los químicos Robert Corey, Linus Pauling y Walter Koltun, desarrolladores del modelo.

Las asignaciones típicas de colores CPK incluyen:

	hidrógeno (H)	blanco
	carbono (C)	negro
	nitrógeno (N)	azul oscuro
	oxígeno (O)	rojo
	flúor (F), cloro (Cl) (halógenos)	verde
	gases nobles (He, Ne, Ar, Xe, Kr)	turquesa
	fósforo (P)	anaranjado
	azufre (S)	amarillo
	boro (B) y la mayoría de los metales de transición	color de durazno y salmón
	metales alcalinos (Li, Na, K, Rb, Cs)	violeta
	metales alcalinotérreos (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)	verde oscuro
	hierro (Fe)	anaranjado
	otros elementos	rosado

### SUSTANCIAS PARA ELABORAR FÓRMULAS ESTRUCTURALES EN MODELOS DE ESFERAS Y BARRAS

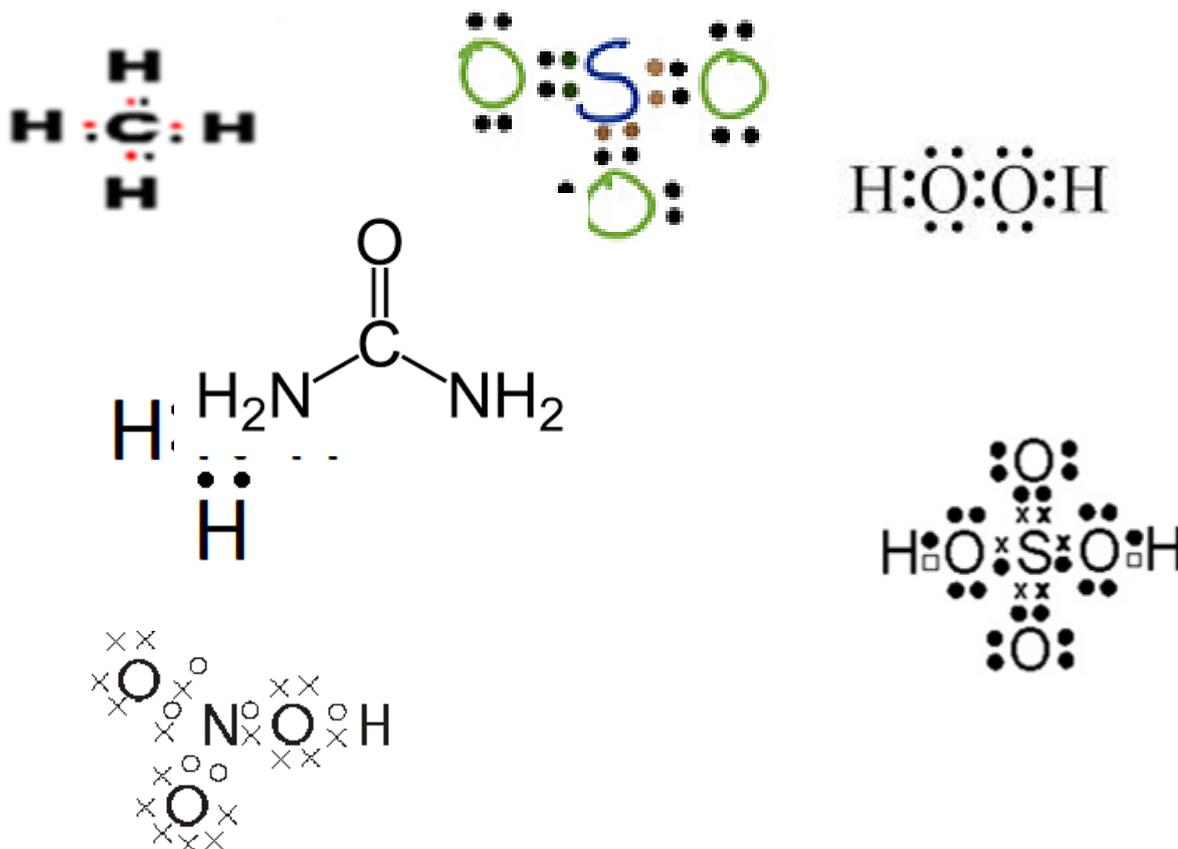


• Molécula de hidrógeno, H <sub>2</sub>	• Trióxido de azufre, SO <sub>3</sub>
• Molécula de oxígeno, O <sub>2</sub>	• Ácido nítrico, HNO <sub>3</sub>
• Molécula de nitrógeno, N <sub>2</sub>	• Ácido sulfúrico, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
• Molécula de cloro, Cl <sub>2</sub>	• Peróxido de hidrógeno, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
• Agua, H <sub>2</sub> O	• Etanol o alcohol etílico, C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH

• Metano, CH <sub>4</sub>	• Urea, CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O
• Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub>	• Amoníaco, NH <sub>3</sub>

### Ejercicios: identificando sustancias<sup>1</sup>

1. Escribe la fórmula molecular y el nombre al pie de cada estructura
2. Representa la fórmula estructural correspondiente a cada sustancia identificada
3. En la estructura de Lewis, identifica los tipos de enlaces covalentes existentes en ella (todas corresponden a sustancias covalentes).



4. **Trabajo Colaborativo:** Si acaso tienen dificultades para reunir el grupo en físico, trabajen en Google Drive y bajan a su computador, tableta o móvil (si es posible), la página [ACD/ChemSketch](#) (debes tener Java instalado), e interactúen con ella, elaborando modelos moleculares virtuales. Preparen el informe de este trabajo realizado, utilizando herramientas o recursos TIC, para subirlo al blog del grupo.
5. Traen el material suficiente y listo (de acuerdo con la lista dada), para elaborar los modelos moleculares en esferas y barras de las sustancias propuestas en esta guía, en el aula de clase (**Consultar previamente: formas moleculares**, con base en pares de electrones que rodean al átomo central), para entregarlos al finalizar la misma.

<sup>1</sup> Tomado de imágenes de Google

**Previamente**, deben tener por escrito (para adjuntar al informe escrito), los tres tipos de fórmulas Químicas para cada sustancia requerida en la lista.

**6. Puntos a resolver en el informe escrito:**

- a) El nombre y las tres fórmulas Químicas de cada sustancia (identificadas)
- b) El tipo de enlaces que forma cada par de átomos enlazados en la molécula de cada sustancia
- c) La valencia de cada átomo de la molécula en cada sustancia (número de enlaces formados)
- d) Algunas razones notables por las cuales la sustancia en mención está relacionada con nuestra vida cotidiana (en beneficio o en perjuicio).

### ANEXO 3. Modelo de construção de unidades didáticas Sanchez e Valcarcel (1993)

Figura 2  
Modelo para el diseño de unidades didácticas.

OBJETIVOS	PROCEDIMIENTOS
<b>I. ANÁLISIS CIENTÍFICO</b>	
a) La reflexión y actualización científica del profesor	1) Seleccionar los contenidos
b) La estructuración de los contenidos	2) Definir el esquema conceptual
	3) Delimitar procedimientos científicos
	4) Delimitar actitudes científicas
<b>II. ANÁLISIS DIDÁCTICO</b>	
a) La delimitación de los condicionamientos del proceso de E/ A: adecuación al alumno	1) Averiguar las ideas previas de los alumnos
	2) Considerar las exigencias cognitivas de los contenidos
	3) Delimitar implicaciones para la enseñanza
<b>III. SELECCIÓN DE OBJETIVOS</b>	
a) La reflexión sobre los potenciales aprendizajes de los alumnos	1) Considerar conjuntamente el AC y el AD
b) El establecimiento de referencias para el proceso de evaluación	2) Delimitar prioridades y jerarquizarlas
<b>IV. SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS</b>	
a) La determinación de las estrategias a seguir para el desarrollo del tema	1) Considerar los planteamientos metodológicos para la enseñanza
b) La definición de tareas a realizar por profesor y alumnos	2) Diseñar la secuencia global de enseñanza
	3) Seleccionar actividades de enseñanza
	4) Elaborar materiales de aprendizaje
<b>V. SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN</b>	
a) La valoración de la unidad diseñada	1) Delimitar el contenido de la evaluación
b) La valoración del proceso de enseñanza y de los aprendizajes de los alumnos	2) Determinar actividades y momentos del desarrollo del tema
	3) Diseñar instrumentos para la recogida de información

#### ANEXO 4. Avaliação final das aprendizagens sobre a ligação química

Prueba final por competencias del 3 periodo - año lectivo 2014  
 grado: décimo curso: \_\_\_\_\_ asignatura: Química

Estudiante: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_ fecha: \_\_\_\_\_

Las preguntas 1 a 5 se responden con base en la siguiente información

Las siguientes son las configuraciones electrónicas de algunos elementos. Supóngase que los átomos de esos elementos están en estado basal

- I.  $1S^2-2S^2-2P^6-3S^2-3P^5$
- II.  $1S^2-2S^2-2P^6$
- III.  $1S^2-2S^2-2P^6-3S^2-3P^6-4S^1$
- IV.  $1S^2-2S^2-2P^6-3S^2-3P^4$
- V.  $1S^2-2S^2-2P^4$
- VI.  $1S^2-2S^2-2P^6-3S^2-3P^6-4S^2$

1. Entre los elementos I y VI se forma

- A. Una red metálica
- B. Una red cristalina iónica
- C. Un enlace covalente
- D. No se forma nada

2. Entre los elementos III y VI se forma

- A. Una red metálica
- B. Un compuesto iónico
- C. Un enlace covalente
- D. No se forma nada

3. Entre los elementos I y V se forma

- A. Una red metálica
- B. Una red cristalina iónica
- C. Un enlace covalente
- D. No se forma nada

4. Existen elementos de una misma especie que se enlazan entre sí y otras que no. Lo anterior depende de la naturaleza y características de esos elementos. De las siguientes especies de átomos, una de ellas no se enlazarían.

- A. I
- B. II
- C. III
- D. IV

5. Entre átomos de las especies III y IV se forma un enlace iónico debido a que

- A. Los dos ceden electrones
- B. Los dos comparten electrones
- C. Uno tiene alta electronegatividad y el otro baja electronegatividad
- D. Por sí solos ya poseen la estabilidad energética de un gas noble.

6. La razón por la que los metales tienen altos puntos de ebullición es que

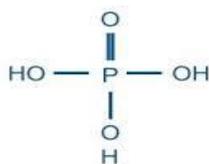
- A. La red metálica está conformada por celdas geométricas irregulares y sin forma definida
- B. Existen atracciones electrostáticas fuertes entre el catión del metal y el “mar de electrones” de la red metálica
- C. Los átomos de los elementos metálicos comparten electrones
- D. El “mar de electrones” de la red metálica permite conducir el calor

7. Una de las razones por las que los metales tienen la capacidad para conducir la electricidad y el calor, es debido a que

- A. Los átomos están unidos por medio de enlaces covalentes
- B. Tienen bajos puntos de ebullición
- C. Tienen alta dureza y brillo
- D. Forma un “mar de electrones” en la red metálica.

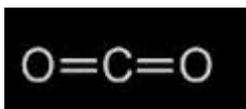
Las preguntas 8 a 10 se responden con base en la siguiente información

Los enlaces covalentes pueden ser de varios tipos: simples, dobles, triples y coordinados. La siguiente molécula está conformada por enlaces covalentes

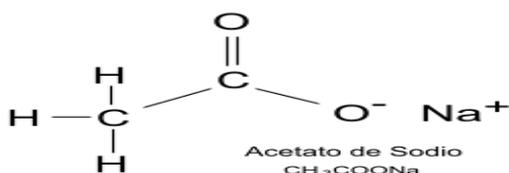


a. Acido Fosfórico

b. Dióxido de carbono



c.



No.	OPCIÓN DE RESPUESTA			
1	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
2	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
3	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
4	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
5	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
6	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
7	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
8	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
9	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D
10	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D

**NOTA DE LA PRUEBA**

8. De la molécula c) se puede decir que está conformada por enlaces

- A. Iónico y covalente simple
- B. Iónico y covalente doble
- C. Covalente simple y covalente doble
- D. Iónico y covalente

9. De la molécula b) se puede decir que está conformada por enlaces

- A. Iónico carbono - carbono
- B. Iónico carbono - oxígeno
- C. Un enlace covalente doble
- D. Dos enlaces covalentes dobles

10. Se puede decir que el ácido fosfórico representado en la figura a) tiene enlaces covalentes debido a que

- A. Están involucrados átomos que tienen la capacidad de ceder electrones
- B. Hay átomos que pueden compartir electrones
- C. El oxígeno forma enlace con hidrógeno
- D. Hay enlace entre fósforo e hidrógeno

## ANEXO 5. Plano de aula das professoras

Para desarrollar por período y por grado

Campo de formación:  
CIENTÍFICO

Código y nombre del área:  
0300 CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN  
AMBIENTAL

Código y nombre de la Asignatura:  
0302 Química

Intensidad horaria semanal:  
2

Nivel: Media académica

Grado: 10°

N° de créditos académicos: 1

Año lectivo: 2014

Fecha AAAA/MM/DD

Fecha AAAA/MM/DD

Periodo: 3

inicio: 2014 09 01

finalización: 2014 11 28

### 1. COMPETENCIAS

#### BÁSICAS

- Relaciono la estructura de las moléculas inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico.
- Utilizo modelos químicos para explicar la transformación y conservación de la energía.
- Identifico aplicaciones de diferentes modelos químicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; analizo críticamente las implicaciones de sus usos.

#### CIUDADANAS:

- Participo constructivamente en iniciativas o proyectos a favor de la no-violencia en el nivel local o global.
- Expreso rechazo ante toda forma de discriminación o exclusión social y hago uso de los mecanismos democráticos para la superación de la discriminación y el respeto a la diversidad

#### LABORALES

- Solución de Problemas Observo, descubro y analizo, críticamente, deficiencias en distintas situaciones para definir alternativas e implementar soluciones acertadas y oportunas.
- Comunicación. Reconozco y comprendo a los otros y expreso ideas y emociones, con el fin de crear y compartir significados, transmitir ideas, interpretar y procesar conceptos y datos, teniendo en cuenta el contexto.
- Trabajo en equipo Consolido un equipo de trabajo, me integro a él y apporto conocimientos, ideas y experiencias, con el fin de definir objetivos colectivos y establecer roles y responsabilidades para realizar un trabajo coordinado con otros.
- Liderazgo. Identifico las necesidades de un grupo y ejerzo influencia positivamente en él para convocarlo, organizarlo, comprometerlo y canalizar sus ideas, fortalezas y recursos con el fin de alcanzar beneficios colectivos, actuando como agente de cambio mediante acciones o proyectos.
- Gestión y manejo de Recursos. Identifico, ubico, organizo, controlo y utilizo, en forma racional y eficiente, los recursos disponibles, en la realización de actividades y proyectos, tales como el PRAE.
- Responsabilidad Ambiental. Contribuyo a preservar y mejorar el ambiente haciendo uso adecuado de los recursos naturales y los creados por el hombre.

## 2. ESTÁNDARES

- Valoro la importancia de la IUPAC en la Nomenclatura Química
- Reconozco el grupo funcional y la correspondiente función química
- Asocio el grupo funcional con las propiedades de una sustancia
- Identifico las cuatro funciones químicas inorgánicas por la presencia del grupo funcional y las nombro
- Identifico el sistema de nomenclatura aplicado al nombre de un compuesto inorgánico
- Coloreo grupos funcionales, nombro funciones químicas inorgánicas y escribo el nombre de un compuesto inorgánico aplicando uno de los tres sistemas de nomenclatura.
- Empleo el lenguaje técnico de la química, según las normas de la IUPAC, al nombrar sustancias inorgánicas.
- Distingo cambios químicos ocurridos en el ser humano, en la cocina, en el ambiente y en la industria.
- Reconozco la nomenclatura química como indispensable para las reacciones químicas
- Identifico y nombro las partes de una reacción química.
- Establezco diferencias entre reacción química y ecuación química
- Reconozco y nombro las partes que constituyen una ecuación química completa.
- Identifico los diversos tipos de reacciones químicas con base en la observación de una ecuación química..
- Identifico símbolos y fórmulas químicas, nombro sustancias en los reactantes y en los productos de una ecuación química.
- Escribo los productos de algunas reacciones químicas.
- Enuncio y ejemplifico la ley de la conservación de la materia, en una ecuación química
- Determino el agente oxidante y el agente reductor en una reacción tipo redox.
- Balanceo ecuaciones químicas por tanteo y por óxido reducción.
- Interpreto una ecuación química balanceada

## 3. CONTEXTOS Y ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

CONTEXTO:

Tiempo: \_13\_ Semanas.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE (El orden en que se desarrollen estas etapas está sujeto a las decisiones didácticas del docente)			
ACT. DE EXPLORACIÓN O ANTICIPACIÓN (Reconocimiento de saberes previos)	ACT. DE FORMALIZACIÓN (conceptualización y modelación)	ACT. DE EJECUCIÓN (Acciones de aprendizaje según el uso de materiales educativos y el objetivo de aprendizaje)	ACT. DE VALORACIÓN (Evaluación formativa: momentos intermedios y de cierre significativo para observar el desarrollo de competencias en los estudiantes)
<p>Presaberes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Actividad preliminar El estudiante responde todas o algunas de las preguntas problematizadoras</li> <li>A partir de la ubicación de un elemento en la tabla periódica: número atómico, grupo y período, el estudiante infiere la estabilidad del elemento en comparación con los gases nobles o inertes y su capacidad para formar los iones más estables.</li> </ul>	<p>4. ENLACE QUÍMICO – (5 semanas).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo es posible formar tantas y tan variadas sustancias con tan solo 92 elementos químicos naturales?</li> <li>¿Cuál es el ión más estable que puede formar un elemento representativo?</li> <li>¿Cómo se realiza la transferencia de electrones entre el sodio y el cloro para formar el enlace iónico?</li> <li>¿Cómo se realiza la compartición de electrones entre el hidrógeno y el oxígeno para formar la molécula de agua?</li> <li>¿Por qué la molécula de agua es polar y el tetracloruro de carbono es apolar? ¿Son solubles estas dos sustancias? ¿Podrías enunciar algunas diferencias ente compuestos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El estudiante busca y descarga de las páginas <a href="http://erpoquimica.jimdo.com">erpoquimica.jimdo.com</a> y/o <a href="http://quimicosinemcali.jimdo.com">quimicosinemcali.jimdo.com</a> la o las guías correspondientes al estudio de Enlace Químico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El docente valora los aportes de los estudiantes, hechos con coherencia y claridad; el uso adecuado del lenguaje de la química, en las participaciones en clase, o en informes escritos sobre actividades propuestas, con base en la información consultada previamente o discutida en clase.</li> </ul>

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN | CODIGO: GAFr03 | VERSION: 03 | FECHA ELABORACION: 2014 01 08

	<p>iónicos y compuestos covalentes?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estructuras de Lewis (símbolos y fórmulas Lewis)</li> </ul> <p>Tipos de enlace químico: enlace iónico o electrovalente Enlace covalente: tipos de enlace covalente. Representación de la formación de enlaces químicos mediante estructuras de Lewis, modelos de Borh, o distribución electrónica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El docente utiliza marcadores de diferentes colores; puntos y cruces para explicar y representar el concepto de símbolos y estructura de Lewis y, con base en ellos, precisar la estabilidad de un elemento y su capacidad de combinación química; y representar la formación del enlace iónico y de los iones, y la formación del enlace covalente en todas sus formas.</li> <li>El estudiante representa el símbolo de Lewis y la distribución electrónica, según el modelo de Bohr, de un elemento de cada uno de los ocho grupos representativos, asigna su estabilidad química y su capacidad para recibir o donar electrones para cumplir la ley del octeto.</li> <li>Busca en los talleres propuestos, en diversas fuentes de información, en <a href="http://youtube.com">youtube.com</a>, o en otros buscadores de la red; en <a href="http://educatina.com">educatina.com</a>, o en <a href="http://erpoquimica.jimdo.com">erpoquimica.jimdo.com</a>, videos e información sobre la ley o regla del octeto y el enlace químico, y luego en equipo de trabajo, examina, argumenta, socializa, elabora resumen escrito y presenta evaluación oral o escrita. El docente acompaña todo el proceso con las</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El docente revisa, corrige, y propicia la autocorrección y retroalimentación a través de la discusión de los temas tratados: Evalúa en forma oral o escrita, individual o grupal; en el cuaderno o en un trabajo escrito, modelos, etc..</li> </ul>
--	--	--	--

	<p>Establece diferencias entre compuestos iónicos y compuestos covalentes</p> <p>Modela moléculas utilizando modelos de esferas y barras de diferentes sustancias propuestas y hace un análisis del modelo respectivo.</p>	<p>aclaraciones y explicaciones solicitadas por los estudiantes y con los ejercicios modelo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Con base en la diferencia de electronegatividades el estudiante predice el tipo de enlace (iónico o covalente) existente entre dos elementos y diferencia propiedades de compuestos iónicos y covalentes y predice diferencias entre compuestos iónicos y covalentes.</li> <li>La regla del octeto es aplicable (a) a la formación de enlaces entre dos átomos, (b) a la naturaleza de estos enlaces, lo que determina el comportamiento, y las propiedades de las moléculas; estas propiedades dependen, por tanto, del tipo de enlace, del número de enlaces por átomo, y de las fuerzas intermoleculares.</li> <li>La anterior teoría la aplican los estudiantes en la elaboración e interpretación de modelos moleculares de esferas y barras, utilizando bolas de icopor o plastilina de colores y palillos.</li> </ul>	<p>PRACTICA DE LABORATORIO.</p> <p>Se disuelve cloruro de sodio, azúcar, alcohol, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, jugo de limón, vinagre y otros materiales de los cuales se disponga, en agua. Se hace pasar corriente a eléctrica a través de una fuente de luz, con uno de sus polos interrumpido, y demuestra cómo algunas soluciones conducen la corriente en mayor o menor grado y otras no la conducen. Los estudiantes presentan informe escrito con los datos y los resultados de esta práctica de laboratorio a su maestro.</p> <p>El docente corrige el informe escrito, propicia la autocorrección y la retroalimentación, y cada grupo de trabajo asigna la nota al informe que le ha tocado en suerte para revisar.</p>
--	--	--	--

Página 5 de 13

<p>Presaberes</p> <p>Los estudiantes responden las preguntas problematizadoras. En equipos de trabajo, analizan algunos ejemplos de cambios químicos evidenciados en el entorno y las posibles causas que los producen. Socializan con compañeras y compañeros de los otros equipos de trabajo.</p>	<p>Estados de oxidación y reglas para asignar estados o números de oxidación a un átomo en una especie química</p> <p><b>FUNCIONES QUÍMICAS INORGÁNICAS</b></p> <p>Preguntas problematizadoras</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Por qué se nombran los objetos?</li> <li>¿Qué pasaría si no tuvieras un nombre y un apellido?</li> <li>¿Cómo diferencias un elemento químico de otro?</li> <li>¿Por qué se unen los elementos para formar compuestos?</li> <li>¿Los elementos cuando se unen forman todos las mismas sustancias?</li> <li>Funciones Químicas Inorgánicas. Función óxido Función base o hidróxido Función ácido</li> </ul>	<p>Los estudiantes copian, interiorizan, memorizan y mecanizan las reglas para asignar estados de oxidación a los átomos en una especie química</p> <p>Explican e ilustran el significado de estos valores con relación a los electrones ganados o perdidos por un átomo al completar el octeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El estudiante busca y descarga de las páginas web: <a href="http://erpoquimica.jimdo.com">erpoquimica.jimdo.com</a> y <a href="http://quimicosinemcali.jimdo.com">quimicosinemcali.jimdo.com</a>, las guías de trabajo: Funciones Químicas Inorgánicas.</li> <li>En las guías, en el buscador google, en <a href="http://eHowenespanol.com">eHowenespanol.com</a>, en <a href="http://www.educatina.com">www.educatina.com</a>; en <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/9542/1/21938767.2013.pdf">http://www.bdigital.unal.edu.co/9542/1/21938767.2013.pdf</a>, busca y lee información relacionada con los principios que fundamentan el contenido teórico de este núcleo temático, que permitan responder las preguntas problematizadoras.</li> <li>En equipos de trabajo, en el aula, comparte, socializa, analiza, discute (respetando las ideas de los demás), solicita la asesoría del docente, y saca conclusiones que</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Listas de especies químicas (átomos, iones monoatómicos y poliatómicos, y moléculas) para asignar estado de oxidación a cada átomo en cada especie química. Los estudiantes interpretan el significado del estado de oxidación asignado a un átomo en una especie química.</li> <li>Los estudiantes buscan, examinan, argumentan, socializan, elaboran resúmenes escritos en el cuaderno, o en el medio solicitado por el docente.</li> <li>Realizan lluvias de ideas, mapas mentales, videos, presentaciones Power Point o Prezzi, fotografías, trabajos escritos, en procesadores de texto, acerca de las consultas realizadas y de los temas tratados, utilizando las TIC</li> <li>Presentan quices o evaluaciones escritas u orales, individuales o en grupo</li> <li>Los estudiantes resuelven las actividades propuestas en las guías o por el docente para cada tema y autocorrigen.</li> </ul>
---	--	--	---

## 5. DESEMPEÑOS

SUPERIOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza, interpreta y explica la información representada en diversas distribuciones electrónicas de elementos químicos, y predice el mayor número posible de propiedades. Infiere, señala, en la tabla periódica o en su silueta, y explica la dirección de la variación de una propiedad periódica, en un grupo y/o en periodo al modificar variables. Precisa, según las propiedades, la ubicación de un elemento en la tabla periódica. Participa activamente en el proyecto "PRAE".</li> <li>• Representa la formación de un enlace químico mediante estructuras de Lewis. Identifica, interpreta y explica los tipos de enlace químico y la valencia de cada átomo en una molécula. Escribe fórmula molecular, electrónica, estructural y empírica para un compuesto covalente. Representa la formación del enlace químico entre pares de elementos reales o hipotéticos. Asigna los estados de oxidación a cada átomo en una especie química suministrada. Elabora, utilizando diversos materiales, modelos moleculares a partir de una fórmula molecular asignada y/o propuesta.</li> <li>• Muestra autonomía en el desarrollo de procesos intelectuales y actitudinales. Consulta en diversas fuentes, elabora conclusiones y establece comparaciones con sus compañeros y compañeras de clase o de equipo de trabajo. Participa, activa y responsablemente, respetando las diferencias y mostrando sentido de cooperación para construir un ambiente favorable de trabajo y convivencia. Busca formas de solidaridad en casos de personas con problemas de salud, desplazamiento o discapacidad permanente.</li> </ul>
ALTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza e interpreta información representada en distribuciones electrónicas de elementos químicos, e infiere sus propiedades. Argumenta la variación de una propiedad periódica, en un grupo y/o periodo, al cambiar variables. Precisa, según las propiedades, la ubicación de un elemento en la tabla periódica. Participa en el proyecto "PRAE".</li> <li>• Representa la formación de un enlace químico mediante estructuras de Lewis. Identifica e interpreta tipos de enlace químico y la valencia de cada átomo en una molécula. Escribe fórmulas químicas de un compuesto covalente a partir de la fórmula molecular. Representa la formación del enlace químico entre pares de elementos reales. Asigna estados de oxidación a cada átomo en una especie química suministrada. Elabora, utilizando diversos materiales, algunos modelos moleculares a partir de una fórmula molecular.</li> <li>• Muestra interés por avanzar en el desarrollo de los procesos intelectuales y actitudinales. Consulta en diversas fuentes y elabora conclusiones que comparte con sus compañeros y compañeras. Participa, responsablemente, en el trabajo en equipo. Respeta a sus</li> </ul>

	<p>compañeros y compañeras y actúa favoreciendo un ambiente de convivencia en el grupo. Busca formas de cooperación y solidaridad en situaciones de riesgo en la comunidad en casos de personas con problemas de salud o discapacidad permanente.</p>
BÁSICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A partir de la lectura de la distribución electrónica de un átomo, infiere sus propiedades. Relaciona los cambios en el número de niveles de energía y de la carga nuclear con la variación de algunas propiedades periódicas, en un grupo y en un período. Según las propiedades, precisa la ubicación de un elemento en la tabla periódica. Interviene en el proyecto anual "PRAE".</li> <li>• Representa la formación de algunos enlaces químicos mediante estructuras de Lewis. Identifica tipos de enlace químico y la valencia de cada átomo en una molécula. Escribe algunas fórmulas químicas de un compuesto covalente a partir de la fórmula molecular. Representa la formación de algunos enlaces químicos entre pares de elementos reales. Asigna estados de oxidación a cada átomo en una especie química suministrada. Elabora algunos modelos moleculares a partir de una fórmula molecular asignada y/o propuesta.</li> <li>• Avanza en los procesos intelectuales, actitudinales y de aplicación de la metodología científica en el proceso de enseñanza – aprendizaje – evaluación; participa en el trabajo en equipo y respeta a sus compañeros y compañeras, favoreciendo la convivencia. Colabora y coopera en situación de riesgo en la comunidad o con personas en situación de vulnerabilidad y/o discapacidad.</li> </ul>
BAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El estado de desarrollo conceptual del estudiante le dificulta:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ interpretar la información suministrada por la distribución electrónica de un átomo; inferir la variación de una propiedad periódica en un grupo y en un período de la tabla periódica y precisar la ubicación de un átomo en ella, con base en propiedades enunciadas.</li> <li>○ representar la formación de un enlace químico; identificar los tipos de enlace químico y la valencia de un átomo en una molécula; la escritura de fórmulas químicas de un compuesto covalente; la representación de la formación de enlaces químicos entre pares de elementos reales; la asignación de estados de oxidación a cada átomo en una especie química suministrada y la elaboración de modelos moleculares a partir de una fórmula molecular.</li> </ul> </li> <li>• Muestra poco interés en el desarrollo de los procesos intelectuales y actitudinales; la poca apropiación de la metodología en los procesos de enseñanza – aprendizaje – evaluación le dificulta el avance en los desarrollos individuales y colectivos por la indiferencia que asume frente a la participación responsable en los diferentes proyectos, tales como el PRAE, y las acciones a favor de la construcción de un ambiente de convivencia pacífica. Es indiferente frente a los factores de riesgos sociales y ambientales de la comunidad, y frente a personas en situación de vulnerabilidad y/o discapacidad.</li> </ul>