

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO: CONHECIMENTO E
INCLUSÃO SOCIAL**

LEANDRO ANTONIO DE OLIVEIRA

**CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS DOCENTES MANIFESTADOS EM
CONTEXTOS DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA FUNDAMENTADA EM
MODELAGEM: Estudo de Caso da Prática de uma Professora Formadora da Área de
Educação Química**

Belo Horizonte

2022

Leandro Antonio de Oliveira

**CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS DOCENTES MANIFESTADOS EM
CONTEXTOS DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA FUNDAMENTADA EM
MODELAGEM: Estudo de Caso da Prática de uma Professora Formadora da Área de
Educação Química**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

Belo Horizonte

2022

O48c
T

Oliveira, Leandro Antonio de, 1986-

Conhecimentos profissionais docentes manifestados em contextos de educação científica fundamentada em modelagem [manuscrito] : estudo de caso da prática de uma professora formadora da área de educação química / Leandro Antonio de Oliveira. - Belo Horizonte, 2022.

369 f. : enc, il., color.

Tese -- (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

Orientadora: Rosaria da Silva Justi.

Bibliografia: f. 333-352.

Apêndices: f. 353-358.

Anexos: f. 359-369.

1. Educação -- Teses. 2. Professores de química -- Prática de ensino -- Teses. 3. Professores de química -- Formação -- Teses. 4. Química -- Estudo e ensino -- Teses. 5. Química -- Métodos de ensino -- Teses. 6. Modelos químicos -- Estudo e ensino -- Teses.

I. Título. II. Justi, Rosaria da Silva. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 540.7

Catálogo da fonte: Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL
FOLHA DE APROVAÇÃO

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS DOCENTES MANIFESTADOS EM CONTEXTOS DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA FUNDAMENTADA EM MODELAGEM: Estudo de Caso da Prática de uma Professora Formadora da Área de Educação Química.

LEANDRO ANTONIO DE OLIVEIRA

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL, como requisito para obtenção do grau de Doutor em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Rosaria da Silva Justi - Orientador
UFMG
Prof(a). Lúcia Helena Sasseron
USP
Prof(a). Nilmara Braga Mozzer
UFOP
Prof(a). Stefannie de Sá Ibraim
UFMG
Prof(a). LUIZ GUSTAVO FRANCO SILVEIRA
UFMG

Belo Horizonte, 10 de março de 2022.

Professora Dra. Rosimar de Fátima Oliveira
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação:
Conhecimento e Inclusão Social - FAE/UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Rosimar de Fátima Oliveira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 10/03/2022, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1300937** e o código CRC **D3E71F24**.

Dedico esta Tese a duas pessoas muito especiais.

A John Gilbert (in memorian), um ser humano

“com grandes conhecimentos e experiências, que tinha uma quantidade incrível de energia e pensamentos claros sobre direções para pesquisas futuras. Ele sempre tentou analisar o que estava sendo discutido sob diferentes perspectivas e fazer perguntas difíceis e inesperadas que outros evitariam. Ao fazer isso, ele avançava nosso pensamento, e nos ensinava que enfrentar situações simples ou complexas com mente e coração abertos e sem preconceitos contra uma dada ideia ou abordagem sempre podia ser um caminho para alcançar um bom resultado” (JUSTI, 2020, p. 501).

Nas palavras de Rosária Justi, orientadora desta Tese, muitas vezes confessadas a mim,

“Foi um prazer e um grande privilégio conhecer John, tê-lo como meu orientador de Doutorado, meu principal colaborador acadêmico e inspiração nos últimos 25 anos e, principalmente, como amigo” (JUSTI, 2020, p. 501).

John Gilbert, obrigado por ser um referencial teórico formidável e fundamental nesta Tese. Infelizmente, não tive o privilégio de conhecê-lo pessoalmente, mas temos um pouco de você em cada entrelinha deste trabalho.

Dedico esta Tese também à Rosária Justi, minha professora, coordenadora, orientadora de doutorado, colaboradora de pesquisas e amiga. Uma gratidão infinita por você existe em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar perseverança, coragem, saúde e fé durante toda a minha vida. Obrigado por todas as experiências de vida, felizes ou desafiadoras, porque todas elas me proporcionaram crescimento.

Aos meus pais, Célia e Armim, pelo amor, apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações em todos os níveis educacionais do meu percurso até o Doutorado. Sou muito grato a vocês, meus exemplos.

Aos meus irmãos Cristiano, Aline e Liziane, pela amizade, atenção e apoio dedicados quando sempre precisei.

Aos meus sobrinhos Arthur, Bernardo, Gabriel e Miguel por serem os xodós do titio, por serem um incentivo a mais para seguir em frente. Titio ama muito vocês.

À minha querida professora orientadora Rosária Justi pelas valiosas contribuições dadas para meu desenvolvimento enquanto professor, estudante e pesquisador, desde a Graduação até aqui, no Doutorado. Sou eternamente grato por você ter sido paciente, carinhosa, atenciosa e muito presente na minha formação, principalmente acendendo luzes no meu caminho no Doutorado, quando eu realmente achei que quase todas estavam apagadas. Hoje sou um professor e pesquisador (iniciante) e devo muito disto tudo a você em quem me espelho muito. Gratidão define, com toda sua significância, o que eu sinto por você.

À professora Penha, por também ser uma pessoa que me ensinou muito na vida e por sempre me aconselhar com muito carinho.

À professora Poliana, por ser um exemplo de professora, de ser humano e por me tratar sempre com muito carinho.

À minha amiga Monique, confidente e sempre presente na minha vida acadêmica em momentos desafiadores ou felizes. Ser possível contar com você, sempre, foi muito importante para mim. Sou eternamente grato pela nossa amizade.

À minha amiga Izabella, por nossa amizade e pelas contribuições valiosas na produção de elementos desta Tese.

À Helen por ter sido tão carinhosa no auxílio que me deu em alguns momentos da Tese.

A todos(as) do Grupo de Pesquisa REAGIR, com os quais tive momentos incríveis de compartilhamento de conhecimentos, muitos deles usados nesta Tese.

Aos meus amigos, em especial, Alan, Amilton, Jackson, Tácio e Rafael, por estarem presentes nesta caminhada, por me fazerem rir em muitos momentos (principalmente, em momentos nos quais eu queria chorar).

À minha querida terapeuta Francisca, com quem eu consegui trilhar caminhos que me proporcionaram dar passos em minha evolução espiritual. Muito grato a você, querida Francisca.

A todos do CETAS, por me auxiliarem em momentos de desafio e pelo amor que colocavam em suas ações.

À UFMG e o seu corpo docente, pelo comprometimento com a qualidade e excelência do ensino.

À Universidade, professora e licenciandos, que me permitiram desenvolver esta pesquisa.

A todas e quaisquer formas de assistência estudantil às quais tive acesso, desde a Graduação ao Doutorado, e que me permitiram chegar até aqui porque, sem elas, eu possivelmente não teria trilhado todo este caminho.

Às professoras Nilmara e Stefannie, pelas valiosas contribuições no exame de Qualificação.

Aos professores Lúcia, Luiz Gustavo, Marcus Vinicius, Nilmara, Orlando e Stefannie, por gentilmente terem aceitado participar da banca de defesa desta Tese.

Ao CNPq, pela bolsa de pesquisa que foi muito importante para que eu pudesse me dedicar à esta pesquisa.

Obrigado a todas as pessoas que fizeram parte desta caminhada.

*“Você não sabe o quanto eu caminhei
Pra chegar até aqui
Percorri milhas e milhas antes de dormir
Eu nem cochilei
Os mais belos montes escalei ...”
(Cidade Negra, 2014)*

RESUMO

Nas últimas décadas, pesquisas e documentos educacionais têm defendido que a inserção e a integração de práticas científicas e epistêmicas em salas de aula de Ciências podem favorecer a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente. Nesse sentido, uma das abordagens de ensino que tem sido alvo de investigação é a Educação Científica Fundamentada em Modelagem, na qual estudantes são envolvidos em atividades de modelagem enquanto aprendem ciência, sobre ciência e a fazer ciência. Para tanto, é necessário que o professor desempenhe um papel fundamental no processo de ensino. No entanto, tivemos acesso a poucas pesquisas que buscam caracterizar os conhecimentos profissionais docentes de professores de Ciências relacionados a essa perspectiva em contextos regulares de ensino, sendo que os estudos existentes apresentam uma visão mais generalista. Em virtude disso, este estudo tem por objetivos: (i) identificar, caracterizar e analisar os conhecimentos profissionais docentes, manifestados nas trajetórias escolar, acadêmicas e profissionais de uma professora formadora da área de Educação Química em contextos específicos de Educação Científica Fundamentada em Modelagem delimitados por contextos envolvendo espaços e tempos amplos (várias situações contextuais de ensino e aprendizagem vivenciadas há mais de duas décadas); (ii) caracterizar um possível desenvolvimento de tais conhecimentos nos contextos de suas trajetórias; (iii) identificar, caracterizar e analisar os conhecimentos profissionais docentes manifestados na prática docente dessa professora em um curso para a promoção da Educação Científica Fundamentada em Modelagem. Para tanto, analisamos dados adquiridos a partir de: (i) gravação de uma entrevista inicial geral sobre os percursos escolares, acadêmicos e profissionais da professora delimitados por contextos envolvendo espaços e tempos amplos; (ii) gravações de seis encontros nos quais uma sequência de atividades foi aplicada para futuros professores de Química de uma universidade pública federal, triangulados com entrevistas pré e pós-encontros com a professora; (iii) notas de campo originadas de observação dos encontros; e (iv) artefatos fornecidos pela professora. O Diagrama Modelo de Modelagem v2 foi usado como ferramenta orientadora da pesquisa e o Modelo Consensual Refinado de Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo foi utilizado como ferramenta analítica. Os resultados da análise evidenciam principalmente que (i) havia momentos em que a professora adquiria, mobilizava, ampliava e desenvolvia conhecimentos profissionais docentes de maneiras bastante diversificadas e influenciadas por diversos fatores, tais como crenças, filtros e amplificadores; e (ii) a professora mobilizou conhecimentos profissionais docentes em agrupamentos diversificados dependendo, por exemplo, de fatores contextuais específicos, filtros, amplificadores, influência dos licenciandos, contextos de ensino e aprendizagem, contextos de modelagem etc. Relacionamentos idiossincráticos entre a manifestação de conhecimentos profissionais docentes e filtros e amplificadores, assim como o próprio desenvolvimento desses conhecimentos foram observados e discutidos, subsidiando a proposição de novos conhecimentos na área. A partir das conclusões, apresentamos implicações deste estudo para a pesquisa em Educação em Ciências, analisamos criticamente os modelos orientadores e analíticos que utilizamos e apontamos contribuições tanto para a área de Educação em Ciências quanto para o campo específico de Conhecimentos Profissionais Docentes.

Palavras-Chave: Educação Científica Fundamentada em Modelagem, Conhecimentos Profissionais Docentes, Educação em Ciências.

ABSTRACT

In the last decades, research and official educational documents have argued in favour of both insertion and integration of scientific and epistemic practices in science classes in order to support the education of scientifically literate citizens. In this sense, one of the approaches that has been investigated is the Modelling-based Scientific Education (MBSE), in which students participate in modelling-based activities whilst learning science, about science, and to do science. This requires teachers to play a vital role in teaching processes. On the other hand, we had access to few studies that characterise professional teaching knowledge related to MBSE in regular teaching contexts, whilst those that try to do so are general ones. Therefore, the current study aims at: (i) identifying, characterising, and analysing professional teaching knowledge expressed in the scholar, academic, and professional trajectories of a chemistry teacher educator in MBSE contexts delimited by contexts involving wide spaces and time (several contextual teaching and learning situations experienced for more than two decades); (ii) characterising a possible development of such knowledge in the contexts of her trajectories; (iii) identifying, characterising, and analysing the professional teaching knowledge expressed in her teaching practices whilst conducting a course to promote MBSE. In order to do so, we analyse data gathered from: (i) recording of an initial general interview about her scholar, academic, and professional trajectories delimited by contexts involving relatively wide spaces and times; (ii) recording of six meetings in which a set of activities was applied to future chemistry teachers, that were triangulated with data from pre and post-meetings interviews with her; (iii) field notes originated from the researchers' observations of the meetings; and (iv) artifacts provided by the teacher. The Model of Modelling Diagram v2 was used as the theoretical guide of the study, whilst the Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge was used as the analytical tool. The results show mainly that (i) in some moments, the teacher acquired, mobilised, expanded, and developed professional teaching knowledge in quite diversified ways and influenced by several factors such as beliefs, filters, and amplifiers; and (ii) she mobilised professional teaching knowledge in diverse groupings depending, for instance, on specific contextual factors, filters, amplifiers, influence of undergraduates, teaching and learning contexts, modelling contexts, etc. Idiosyncratic relationships between the manifestation of professional teaching knowledge and filters and amplifiers, as well as the very development of such knowledge were observed and discussed, thus supporting the proposition of new knowledge in the area. From the conclusions, we present implications of this study to Science Education research, critically analyse the guiding and analytical models used, and we point out contributions to both the Science Education area and the specific field of Professional Teaching Knowledge.

Keywords: Modelling-based Scientific Education, Professional Teaching Knowledge, Science Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Diagrama Modelo de Modelagem v2	36
Figura 2.2	Representação do Modelo Consensual Refinado de PCK	48
Figura 2.3	Relações entre as formas dos ePCK e entre os ePCK e os pPCK	53
Figura 5.1	Caracterização de <i>CPD</i> adquiridos pela professora no contexto didático crítico de Educação Escolar	140
Figura 5.2	Caracterização de <i>CPD</i> adquiridos pela professora no contexto didático crítico de Graduação em Química Licenciatura	143
Figura 5.3	Caracterização de <i>CPD</i> adquiridos pela professora desde o contexto didático crítico de Educação Escolar até o contexto didático crítico de Graduação em Licenciatura em Química	144
Figura 5.4	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora no contexto didático crítico de preparação para o processo seletivo de Mestrado	146
Figura 5.5	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora desde o contexto didático crítico de Educação Escolar até o contexto didático crítico de preparação para o processo seletivo de Mestrado	147
Figura 5.6	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora no contexto didático crítico de participação no Mestrado.....	157
Figura 5.7	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora desde o contexto didático crítico de Educação Escolar até o contexto didático crítico de participação no Mestrado	158
Figura 5.8	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora no contexto de Doutorado.	160
Figura 5.9	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora desde a Educação Escolar até o Doutorado	160
Figura 5.10	Caracterização de <i>CPD</i> mobilizados pela professora no Pós-Doutorado	163
Figura 5.11	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora desde a Educação Escolar até o Pós-Doutorado	164
Figura 5.12	Caracterização de <i>CPD</i> da professora relacionados ao planejamento de atividades para a ECFM	169
Figura 5.13	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora no contexto de prática de ensino em sala de aula para promoção da ECFM	175
Figura 5.14	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora nos percursos escolares, acadêmicos e profissionais integrando <i>CPD</i> manifestados a partir de declarações sobre contextos de prática (ensino em sala de aula e planejamento) para a ECFM	176
Figura 5.15	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados no contexto de mudanças na trajetória da professora relacionadas à promoção da ECFM em sala de aula	180

Figura 5.16	Caracterização de <i>CPD</i> manifestados pela professora nos percursos escolares, acadêmicos e profissionais integrando <i>CPD</i> manifestados a partir de declarações sobre mudanças na trajetória da professora relacionadas à promoção da ECFM em sala de aula	181
Figura 5.17	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 1 do primeiro encontro	199
Figura 5.18	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 2 do primeiro encontro	204
Figura 5.19	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 3 do primeiro encontro	206
Figura 5.20	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 1 do terceiro encontro	216
Figura 5.21	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 2 do terceiro encontro	221
Figura 5.22	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 3 do terceiro encontro	231
Figura 5.23	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 4 do terceiro encontro	235
Figura 5.24	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 1 do quarto encontro	242
Figura 5.25	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 2 do quarto encontro	249
Figura 5.26	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 2 do quinto encontro	266
Figura 5.27	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 1 do sexto encontro	281
Figura 5.28	Caracterização de <i>CPD</i> da professora no contexto do evento didático crítico 2 do sexto encontro	285
Figura 6.1	Representação do desenvolvimento de <i>CPD</i> da professora ao longo de seus percursos escolar, acadêmico e profissional	300

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 Descrição geral das atividades do roteiro de ensino para a ECFM aplicada no curso de RP	91
Quadro 4.2 Alguns índices que se relacionam aos <i>CPD</i> sobre modelos e modelagem	120
Quadro 4.3 Exemplo de quadro produzido no tratamento e análise de dados transcritos a partir das entrevistas	128
Quadro 4.4 Exemplo de quadro produzido no tratamento e análise de dados transcritos a partir dos encontros promovidos por Lizi com os licenciandos	129
Quadro 5.1 Caracterização geral de <i>filtros</i> e <i>amplificadores</i> nas trajetórias escolar, acadêmica e profissional na ECFM da professora	182
Quadro 5.2 <i>Affordances</i> da ECFM em contextos de ensino e aprendizagem a partir da visão da professora	190
Quadro 5.3 Mapa de episódios do primeiro encontro do curso	195
Quadro 5.4 Mapa de episódios do segundo encontro do curso	207
Quadro 5.5 Mapa de episódios do terceiro encontro do curso	209
Quadro 5.6 Mapa de episódios do quarto encontro do curso	236
Quadro 5.7 Mapa de episódios do quinto encontro do curso	254
Quadro 5.8 Mapa de episódios do sexto encontro do curso	268

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CD	Conhecimentos Docentes
CK	Conhecimentos de Conteúdo
cPCK	PCK coletivo
CPD	Conhecimentos Profissionais Docentes
DMM v2	Diagrama Modelo de Modelagem v2
ECFM	Educação Científica Fundamentada em Modelagem
ePCK	PCK na ação
<i>ePCK_P</i>	PCK na ação (para planejamento)
<i>ePCK_R</i>	PCK na ação (para reflexão)
<i>ePCK_T</i>	PCK na ação (para ensino)
EUA	Estados Unidos
GEM	Modelo Ciclo de Geração, Avaliação e Modificação
GP	Grupo de Pesquisa
IC	Iniciação Científica
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MBL	Modelling-Based Learning
MBT	Modelling-Based Teaching
MEC	Ministério da Educação
MG	Minas Gerais
NdC	Natureza da Ciência
OGEM	Modelo Ciclo de Observação, Geração, Avaliação e Modificação
PCK	Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais +
PET	Programa de Educação Tutorial
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PISA	Programme for International Student Assessment
pPCK	PCK pessoal
QP	Questão(ões) de Pesquisa
RCM	Modelo Consensual Refinado
RP	Residência Pedagógica
TCLE	Termos de Consentimento Livre e Esclarecido
TPK&S	Conhecimentos e Habilidades Profissionais do Professor
UF	Universidade Federal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
	2.1 Educação em Ciências no Século XXI	22
	2.2 Práticas Científicas e Práticas Epistêmicas na Educação em Ciências	27
	2.3 Modelos e Modelagem nas Ciências.....	29
	2.3.1 O Diagrama Modelo de Modelagem v2	35
	2.4 Modelos e Modelagem na Educação Científica	39
	2.5 Conhecimentos Profissionais Docentes.....	41
	2.5.1 Breve Histórico da Pesquisa sobre Conhecimentos Profissionais Docentes.....	41
	2.5.2 Primeiro Modelo Teórico de Shulman para CPD	43
	2.5.3 Segundo Modelo Teórico de Shulman para CPD	46
	2.5.4 Modelo Consensual Refinado (RCM) para PCK	48
	2.6 Uma Importante Revisão de Pesquisas sobre PCK de Professores de Ciências..	58
	2.7 Conhecimentos Profissionais Docentes e a Educação Científica Fundamentada em Modelagem	60
	2.7.1 CK na ECFM.....	61
	2.7.2 Conhecimentos de Currículo na ECFM	63
	2.7.3 PCK na ECFM.....	63
	2.8 Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem na Literatura de Educação em Ciências.....	65
3	OBJETIVOS	72
4	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	74
	4.1 Contexto de Coleta de Dados.....	81
	4.1.1 Seleção do Sujeito de Pesquisa	82
	4.1.2 Caracterização Geral dos Percursos Escolares, Acadêmicos e Profissionais da Professora.....	84
	4.1.3 Caracterização do Contexto Geral de Pesquisa	88
	4.2 Panorama da Coleta de Dados	93
	4.2.1 Entrevistas Realizadas com a Professora	95
	4.2.2 Fase Ativa: Observação e Registro dos Encontros.....	102

4.3 Descrição Geral dos Encontros do Curso.....	106
4.3.1 Primeiro Encontro	106
4.3.2 Segundo Encontro	106
4.3.3 Terceiro Encontro.....	107
4.3.4 Quarto Encontro	109
4.3.5 Quinto Encontro	110
4.3.6 Sexto Encontro	111
4.3.7 Contexto Após o Sexto Encontro	112
4.4 Tratamento de Dados	113
4.5 Análise de Conteúdo.....	115
4.5.1 Pré-Análise dos Dados da Pesquisa.....	116
4.6 Exploração dos Dados da Pesquisa	127
4.7 Análise dos Dados: Inferências e Interpretações.....	131
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	136
5.1 CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados nas Trajetórias Escolar, Acadêmica e Profissional de Lizi.....	136
5.1.1 Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora no Contexto Didático Crítico Educação Básica: Uma Possível Origem desses CPD.....	138
5.1.2 Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora nos Contextos Didáticos Críticos de Educação Superior: Graduação e Pós-Graduação	142
5.1.3 Reflexões da Professora sobre Aspectos da ECFM em um Contexto Didático Crítico Específico de Pesquisa: o Pós-Doutorado	161
5.1.4 Caracterização dos CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora no Contexto Didático Crítico de Promoção da ECFM em termos de Planejamento e Ato de Ensinar.....	164
5.1.5 Mudanças na Trajetória Docente da Professora Relacionadas às Práticas para Promover a ECFM	176
5.1.6 Caracterização Geral de Filtros e Amplificadores como Fatores Influenciadores na Manifestação de CPD sobre Modelos e Modelagem nos percursos Escolares, Acadêmicos e Profissionais da Professora	181
5.1.7 Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem e as Affordances da ECFM na Perspectiva da Professora.....	185
5.2 CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora na Promoção da ECFM no Curso Ofertado a Licenciandos na Residência Pedagógica.....	191

5.2.1	Macroanálise dos CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados pela Professora no Curso para a Promoção da ECFM dos Licenciandos da RP	193
6	CONCLUSÕES	286
6.1	Discussão da QP1: Como CPD sobre modelos e modelagem foram adquiridos ou mobilizados por uma professora formadora da área de Ensino de Química durante suas vivências em contextos de ECFM?	286
6.2	Discussão da QP2: Como esses CPD se modificaram ao longo do tempo?	294
6.3	Discussão da QP3: Como a professora manifesta CPD sobre modelos e modelagem no contexto de um curso de formação de professores de Química voltado para a ECFM?.....	303
6.4	Discussão da QP4: Quais fatores influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem na prática docente desenvolvida para a ECFM? Como isto ocorreu?.....	310
7	AFFORDANCES DA PESQUISA E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	316
7.1	Affordances da Pesquisa	316
7.1.1	Affordances Relacionadas à Opção por um Estudo de Caso	316
7.1.2	Affordances Relacionadas aos Tipos de CPD Investigados e às Características Individuais da Professora	317
7.1.3	Affordances Relacionadas às Escolhas Metodológicas	318
7.1.4	Affordances Relacionadas à Investigação do Desenvolvimento de CPD Declarados pela Professora	319
7.1.5	Affordances Relacionadas aos CPD Sobre Modelos e Modelagem Mobilizados pela Professora na Prática para a ECFM.....	320
7.1.6	Affordances Relacionadas aos Resultados da Pesquisa.....	321
7.1.7	Affordances Relacionadas ao Uso de Modelos para Modelagem e para PCK323	
7.2	Reflexões e Questionamentos Finais	329
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	333
	APÊNDICES	353
	ANEXO	359

1 INTRODUÇÃO

Discussões sobre as mudanças nos objetivos da Educação Básica vêm ocorrendo desde o fim do século passado e, por esse motivo, novas abordagens referentes ao ensino e à aprendizagem têm surgido. No Brasil, alguns documentos oficiais, com destaque para a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 1996), as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN) (BRASIL, 2000), os novos Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) (BRASIL, 2002) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), tiveram influência em novas ações pedagógicas para a Educação Básica nas duas últimas décadas.

No contexto da LDB (BRASIL, 1996), é relatado que deve ser exigido do cidadão muito mais do que saber ler, escrever e contar. Outra orientação contida no documento é a de que é necessário oferecer aos estudantes uma formação para o exercício da cidadania. Dito de outra maneira, a escola precisa oferecer aos estudantes oportunidades de desenvolver conhecimentos e habilidades que lhes permitam agir em uma sociedade marcada pelos avanços da Ciência e da Tecnologia. Partindo dessas premissas, defende-se que o ensino de Ciências deva ser pensado para além da memorização, reprodução de dados, citação de classificações e fórmulas ou identificação de símbolos. É principalmente neste aspecto que a LDB orienta os professores sobre a necessidade de promover um ensino de Ciências que fomente nos estudantes o interesse de desenvolver raciocínio científico, além de autonomia pela busca de informações e pela ampliação de sua compreensão de mundo (BRASIL, 1996).

Tendo em vista tais objetivos educacionais, enfatizamos que uma possibilidade de se alcançá-los seria envolver os estudantes em práticas análogas àquelas promovidas por cientistas nos processos de produção e validação (científica e social) de conhecimentos científicos, isto é, promovendo o que é chamado de ensino de Ciências autêntico (GILBERT, 2004; CHINN; MALHOTRA, 2002; DUSCHL; ELLENBOGEN, 2009).

Algumas dessas práticas científicas se relacionam aos contextos de uso de modelos ou a processos de modelagem. Mesmo adotando diferentes perspectivas, vários pesquisadores reconhecem que modelos são ferramentas e recursos centrais da Ciência (CLEMENT, 2008a; GILBERT; JUSTI, 2016; JUSTI; GILBERT, 2000; PASSMORE; GOUVEA; GIÈRE, 2014). Assim, diferentes modelos, com diferentes poderes de explicação e previsão, podem ser elaborados com base em informações, evidências e conhecimentos disponíveis em certos campos de pesquisa (GIÈRE, 2004). Por isso, na perspectiva de uma educação científica

autêntica, isto é, aquela em que os estudantes têm oportunidades de vivenciar práticas análogas às vivenciadas na produção, comunicação e utilização de conhecimento científico, faz sentido pensar na inserção de estratégias de ensino e aprendizagem que sejam pautadas na prática de modelagem (GILBERT, 2004).

Neste trabalho, tal contexto é denominado *Educação Científica Fundamentada em Modelagem* (ECFM). Optamos por utilizar a denominação ECFM porque consideramos que: (i) este termo é mais amplo do que alguns já utilizados na literatura em Educação em Ciências relacionados a processos educacionais em contextos de modelagem¹; (ii) contendo a palavra *Educação*, ele engloba possibilidades de abordagem da modelagem em diferentes e mais amplos contextos e perspectivas educacionais (ao invés de associar a modelagem apenas ao Ensino, à Aprendizagem ou às Competências); e (iii) a palavra *Científica* auxilia na diferenciação entre a modelagem nas Ciências Naturais e, por exemplo, a Modelagem Matemática.

Sobre as práticas docentes que constituem a ECFM, entendemos que elas envolvem estratégias e ações realizadas por professores na condução de processos de ensino envolvendo modelos e modelagem a partir da definição de uma perspectiva teórica orientadora. Por outro lado, ao se envolver nesses processos, estudantes podem desenvolver uma aprendizagem fundamentada em modelos e modelagem.

Para que tais práticas sejam mobilizadas por professores e introduzidas nos processos de aprendizagem vivenciados pelos estudantes, professores precisam mobilizar diversos tipos de Conhecimentos Profissionais Docentes (CPD) sobre modelos e modelagem. Tais CPD se refletem em suas habilidades de construir e conduzir sequências de ensino *de* e *sobre* modelos e modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016).

Além dos CPD relativos à prática pedagógica escolar em geral, fundamentais para que o ensino ocorra com qualidade e à prática para a promoção da ECFM, é necessário que professores mobilizem, também, CPD específicos, relacionados às abordagens de ensino, aos conteúdos e às práticas que serão desenvolvidas (tais como aquelas pautadas na História da Ciência, Natureza da Ciência (NdC), Argumentação, Ensino por Investigação etc.). Por isso, é

¹ Por exemplo, *Modelling-Based Learning* – MBL, que remete à Aprendizagem Fundamentada em Modelagem (LOUCA; ZACHARIA, 2012); *Modelling-Based Teaching* – MBT, que remete ao Ensino Fundamentado em Modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016); e *Competence-Based View of Models and Modeling*, que indica Visão de Modelos e Modelagem Fundamentada em Competências (UPMEIER ZU BELZEN; KRÜGER; VAN DRIEL, 2019).

bastante provável que professores que promovam o ensino nesta perspectiva mobilizem conhecimentos diversos que, a nosso ver, influenciam na mobilização de CPD sobre modelos e modelagem, uma vez que eles podem ocorrer simultânea e integradamente.

Na busca por trabalhos sobre a ECFM na literatura em Educação em Ciências, nos deparamos com uma ampla gama de pesquisas sobre a aprendizagem e, em contrapartida, tímida atenção dada ao ensino, sobretudo, com foco em CPD sobre modelos e modelagem de professores. Desse modo, justificamos a realização desta pesquisa por considerarmos importante, para além da aprendizagem de estudantes, investigar também o papel exercido por professores, com foco na manifestação de seus CPD, na promoção da ECFM. Além disso, tal pesquisa foi guiada e construída a partir de um modelo para CPD de professores de Ciências relativamente novo, porém, consideravelmente amplo, o que pode trazer mais detalhamento/profundidade para as análises que realizamos, frente àquelas já existentes na literatura e com foco analítico próximo ao nosso, podendo resultar em conclusões diferenciadas das de outros trabalhos que usam modelos de CPD mais simples.

Esta Tese de Doutorado é constituída por sete capítulos. Seguindo-se à esta Introdução (capítulo 1), o capítulo 2 aborda os referenciais teóricos que dão sustentação à Tese e auxiliam o leitor na compreensão dos principais assuntos relacionados à pesquisa. Dentre os temas abordados no segundo capítulo, destacamos: (i) aspectos da consolidação da Educação em Ciências no século XXI, com foco em definições sobre práticas científicas e epistêmicas na Educação em Ciências; (ii) modelos e modelagem nas Ciências (com destaque para o modelo de modelagem que adotamos como orientador da pesquisa) e sua abordagem na ECFM; (iii) Conhecimentos Profissionais Docentes e a manifestação daqueles relacionados à ECFM.

No capítulo 3, apresentamos os principais objetivos da pesquisa e justificativas para a realização da mesma, assim como as questões de pesquisa que orientaram o trabalho.

O capítulo 4, Aspectos Metodológicos, apresenta a justificativa para a opção por um estudo de caso, descrevendo: (i) o contexto de coleta de dados; (ii) o panorama geral de coleta de dados, destacando os principais instrumentos utilizados; (iii) a descrição geral do curso e dos encontros que ocorreram no contexto de promoção da ECFM na Residência Pedagógica; (iv) como tratamos os dados; (v) como organizamos a análise dos dados; (vi) como exploramos os dados; e (vii) como analisamos os dados que produzimos.

No capítulo 5, apresentamos detalhadamente os dados selecionados, a análise, interpretação e discussão dos mesmos, apoiados nos referenciais teóricos apresentados no capítulo 2 e em outros referenciais da literatura da área.

No capítulo 6, discutimos nossas questões de pesquisa visando subsidiar a proposição das conclusões desta pesquisa. Ao fazer isto, também retomamos alguns referenciais teóricos para estabelecermos relacionamentos entre o que nossa pesquisa evidenciou e como aspectos correlatos são abordados na literatura da área.

Por fim, no capítulo 7, apontamos limitações e potencialidades desta pesquisa, assim como suas implicações para o campo de estudos em Educação em Ciências. Além disto, sugerimos direcionamentos para o desenvolvimento de novas pesquisas, vislumbrando a produção de novos conhecimentos para a área.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresentamos os referenciais teóricos que dão suporte ao processo de investigação desta pesquisa de Doutorado. Primeiramente, discutimos a Educação em Ciências enfatizando as práticas nela envolvidas que são de nosso interesse, com destaque para aquelas apontadas na literatura como mais contemporâneas e promotoras de uma aprendizagem mais autêntica. A partir disso, discutimos aspectos da modelagem e da Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM), destacando as principais práticas e processos que as integram. Também discutimos aspectos dos Conhecimentos Profissionais Docentes (CPD), com foco nos *Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo* (PCK)² de professores de Ciências e apresentamos aspectos dos CPD sobre modelos e modelagem de professores de Ciências caracterizados e discutidos em trabalhos na literatura da área e aos quais tivemos acesso.

2.1 Educação em Ciências no Século XXI

Justi (2015) considera que caracterizar “Ciência” em termos de uma definição geral não é uma tarefa fácil. Segundo a pesquisadora, isso acontece porque Ciência: é definida por pesquisadores de diferentes áreas (por exemplo, Filosofia, História, Psicologia, Sociologia, Educação, Física, Química e Biologia) a partir de várias perspectivas, visões e aprofundamentos de estudos, que acreditamos ser influenciados também pelos objetivos de seus estudos e intenções dos pesquisadores. Porém, ela considera que há uma base comum nessas definições que aponta para uma compreensão de Ciência como empreendimento humano, que é motivado pela curiosidade sobre os fenômenos, e cujo principal objetivo é produzir conhecimento.

Parece consenso na área de Educação em Ciências que a aprendizagem na Ciência deve envolver mais do que acumular conhecimento de conteúdo (BERLAND *et al.*, 2016; DUSCHL, 2008; HODSON, 1992; 2009; 2014; JUSTI; GILBERT, 1999; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008b). Por exemplo, Duschl (2008) destaca a importância de o ensino e a aprendizagem nesta área ocorrerem harmonizando objetivos de aprendizagem conceituais, epistemológicos e sociais. Berland e colaboradores (2016) complementam isso sugerindo que ensino e aprendizagem ocorram em um domínio de práticas nas quais ações são realizadas de maneira proposital, tais como aquelas apontadas pelo documento americano *A Framework for*

² Em inglês, *Pedagogical Content Knowledge*. Devido à ampla utilização da sigla PCK na literatura mundial, optamos por adotá-la, neste trabalho, ao invés da sigla que remeta ao termo em português.

K-12 Science Education (NRC, 2012): avaliar e projetar investigações científicas, interpretar cientificamente dados e evidências e explicar cientificamente fenômenos.

Fundamentando-se em uma abordagem sociocultural, Hodson (1992) afirma ser necessário que professores promovam práticas de ensino que se relacionem àquelas que são comuns à Ciência. Nesse sentido, o autor considera que a Educação em Ciências deve ser pensada (e promovida) em quatro tipos de perspectivas principais, identificadas por ele como: *aprender ciência; aprender sobre ciência; fazer ciência; e aprender a abordar questões sociocientíficas*³. Para ele, é preciso que professores entendam as distinções entre esses quatro tipos de perspectivas, uma vez que eles implicam diferentes objetivos de aprendizagem. Por isso, destacamos resumidamente as principais características dessas perspectivas em termos de práticas para a Educação em Ciências.

Hodson (2014) explica que o *aprender ciência* está relacionado ao aprendizado de conteúdos. Na maioria dos currículos, o conteúdo relacionado a conceitos, ideias, modelos e teorias científicas é cuidadosamente prescrito, embora algumas variações possam ser oportunizadas ou incentivadas para permitir que estudantes busquem interesses particulares.

O *aprender sobre ciência* reflete o modo como estudantes desenvolvem uma compreensão de Ciências no estudo de fenômenos e eventos e para propor ideias. Isso porque são incluídos neste aspecto: um entendimento de História da Ciência; o desenvolvimento de ideias-chave das Ciências; e a conscientização de aspectos sociais das Ciências, tais como interações entre os cientistas de uma comunidade científica situada (HODSON, 2009; 2014).

Por sua vez, o *fazer ciência* é o modo como estudantes participam de, e desenvolvem conhecimentos em, pesquisas científicas para a solução de problemas. Nessa perspectiva, deve-se considerar o envolvimento em procedimentos das Ciências que visem a investigação de fenômenos, a resolução de problemas etc. Diante disso, o *fazer ciência* tem natureza idiossincrática e as atividades a ele relacionadas são situadas em contextos específicos. Quando estudantes se envolvem na condução e no gerenciamento de suas próprias investigações, eles são capazes de refinar aspectos relacionados ao conhecimento conceitual e, ao mesmo tempo, desenvolver habilidades processuais em contextos reais. Além disso, ao *fazer ciência*, estudantes são responsáveis por fazer perguntas, elaborar métodos de investigação, analisar e

³ A quarta perspectiva, *aprender a abordar questões sociocientíficas*, foi introduzida por Hodson em uma publicação posterior (HODSON, 2014).

interpretar dados, chegar às conclusões, construir argumentos convincentes para tais conclusões e comunicar seus métodos, descobertas e conclusões às outras pessoas (HODSON, 2014).

Por fim, *aprender a abordar questões sociocientíficas* visa o desenvolvimento de “habilidades críticas para enfrentar aspectos pessoais, sociais, econômicos, ambientais e ético-morais dessas questões” (HODSON, 2014, p. 2537).

Acreditamos que uma função importante de professores é oferecer a estudantes condições para agir ativamente nos processos escolares relacionados à aprendizagem de Ciências, por exemplo, propondo ideias, expressando conhecimentos e podendo agir analogamente a cientistas quando estes produzem conhecimento em suas rotinas diárias. De um modo geral, Hodson (1992; 2014) considera que tais perspectivas situam o ensino de Ciências em um contexto no qual são necessários elementos teóricos, pedagógicos e práticos em salas de aulas, com os quais os estudantes possam agir para a produção de conhecimentos.

Entendemos produção de conhecimentos tal qual a definem Magnusson, Palincsar e Templin (2006) como um processo de criação no qual a comunidade científica determina “se” e “o que” pode ser “aceito”. Além disso, essa produção pode se constituir por práticas e processos científicos, atividades e pensamentos padronizados social, cultural e institucionalmente a partir de crenças e valores compartilhados. Aspectos históricos, cognitivos e filosóficos devem integrar esse conjunto nos contextos de ensino e aprendizagem, fomentando a promoção de alfabetização científica (DUSCHL; OSBORNE, 2002; GILBERT, JUSTI, 2016; JUSTI; GILBERT, 1999; HODSON, 2009; 2014; SASSERON; CARVALHO, 2016).

Sasseron e Carvalho (2016) apresentam uma definição de alfabetização científica enraizada na ideia de alfabetização de Paulo Freire (1980) que amplia a concepção do termo para além do domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrita e leitura, característicos de um ensino tradicional. Para Freire (2005), alfabetização é o domínio consciente dessas técnicas que pode resultar em uma postura dos sujeitos sobre o contexto capaz de causar transformações em ambos (sujeito e contexto). Isto pode ocorrer a partir da releitura e reescrita conscientes do mundo em um movimento dinâmico. Pautadas nessas considerações, Sasseron e Carvalho definem o termo “alfabetização científica”, sob o qual nos apoiamos para designar

as ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprios através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como de habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON; CARVALHO, 2016, p. 61).

Gilbert e Justi (2016) afirmam que promover a alfabetização científica entre estudantes não é uma tarefa simples e fácil para professores. Isso porque, na maioria das escolas, a Educação em Ciências ainda vem sendo promovida a partir de uma sobrecarga de conteúdos científicos; pautada em currículos antiquados e com estruturas rígidas; e conduzida por professores, em sua maioria, com formação inconsistente em relação a perspectivas mais contemporâneas e, principalmente, em relação às disciplinas que ensinam. Por isso, conseqüentemente, adotam métodos tradicionais de ensino fundamentados principalmente na memorização. Ødegaard (2003) considera que, quando isso ocorre, a base de experiências de estudantes é a realização de exercícios e procedimentos de laboratório pré-elaborados, que não refletem autenticamente o processo científico. Isto, por exemplo exclui elementos importantes das Ciências, tais como seus processos comunicativos, raramente mencionados.

Diante disso e de outros fatores, há dificuldades em proporcionar aos estudantes condições necessárias para que a alfabetização científica ocorra, as quais podem estar relacionadas, por exemplo, à organização dos ambientes de aprendizagem que favoreçam a vivência de *práticas autênticas das Ciências*.

Gilbert (2004) associa o termo práticas autênticas das Ciências àquelas produzidas por membros de uma comunidade científica com objetivos em comum e que ocorrem com a apropriação de ferramentas específicas para a produção de conhecimentos através de procedimentos padronizados. Desse modo, as visões sobre como o conhecimento científico é produzido dependem de como cientistas compreendem o conhecimento, de como usam ferramentas e de como produzem ideias que são refletidas e informadas pelas práticas científicas que eles vivenciam (PAPADOURIS; CONSTANTINOU, 2014). Assim, Gilbert (2004) aponta que uma educação científica mais autêntica deve: (i) ser validada histórica e filosoficamente, favorecendo discussões mais fiéis dos processos pelos quais cientistas produzem conhecimentos e como eles os comunicam para que tais conhecimentos sejam aceitos socialmente; (ii) refletir a criatividade, elemento que torna a Ciência um dos principais empreendimentos humanos dos últimos séculos; (iii) se constituir por uma rede detalhada de ideias que fundamentem explicações plausíveis para os fenômenos no mundo como experimentado; e (iv) promover situações para que estudantes sustentem suas considerações para a solução de problemas a partir de aspectos sobre NdC. Diante disso, alguns pesquisadores (GILBERT, 2004; GILBERT; JUSTI, 2016; OSBORNE, 2014a; SCHWARTZ, 2019; TOBIN *et al.*, 2018) consideram que as práticas autênticas das Ciências escolares, devem ser “análogas” às práticas desenvolvidas por cientistas em seus contextos profissionais. Todavia, pautando-se

em modos de *aprender, fazer e compreender* Ciências enquanto construção de conhecimentos e não como uma gama de fatos estáveis e imutáveis.

Isto nos leva à compreensão de que é necessário haver uma consciência por parte de professores sobre diferenças entre envolver estudantes em aulas nas quais a aprendizagem é focada nos conhecimentos de conteúdos e envolvê-los em aulas nas quais eles realmente vivenciam aspectos sociais históricos e culturais das Ciências. Por isso, concordamos com a afirmativa de Ødegaard (2003) de que é mais significativo introduzir estudantes na cultura das Ciências Sociais, na qual a Ciência é vista como um fenômeno social cujo principal objetivo não é encontrar a melhor explicação, mas explorar múltiplas perspectivas.

A promoção de uma Educação em Ciências autêntica é defendida por pesquisadores (por exemplo, DUSCHL; ELLENBOGEN, 2009; GILBERT; JUSTI, 2016; SCHWARTZ, 2019) a partir de justificativas advindas de resultados de pesquisas em contextos educacionais variados. Por exemplo, Schwartz (2019) afirma que compreender o que é Ciência e o que os cientistas fazem requer *conhecimentos científicos e conhecimentos epistêmicos*⁴, que incluem, além de conhecimentos de conteúdos das Ciências, conhecimentos sobre a própria natureza do conhecimento. Segundo esta autora, compreensões sobre a produção e aplicação de tais conhecimentos, assim como sobre as influências sociais, políticas, econômicas etc. que permeiam os processos devem ser parte de conhecimentos gerais compartilhados nas escolas.

Em uma perspectiva sociocultural, Tomasello (2003) salienta que, para entender algumas das características mais gerais dos conhecimentos científicos e epistêmicos das práticas das Ciências, estudantes devem *ouvir, observar e ler* sobre como especialistas usam termos, representações e formas retóricas em casos prototípicos de investigação, além de *vivenciar* práticas semelhantes a essas. Com visão semelhante, Wertsch (1998) considera que estudantes devem dominar e se apropriar de *discursos epistêmicos*⁵ mais sofisticados a partir de ações que visem organização, desenvolvimento e avaliação de conhecimentos e que estejam de acordo com padrões e contextos científicos disciplinares. O conhecimento epistêmico é, portanto, essencial para uma melhor compreensão de práticas e processos das Ciências, por

⁴ Compreendemos a expressão “conhecimento epistêmico” como o conhecimento sobre o que pode ser conhecido, como isso pode ocorrer e o que se tem enquanto produto dele (SCHWARZ; PASSMORE; REISER, 2016).

⁵ Entendemos a expressão “discursos epistêmicos” nas Ciências como sendo as maneiras pelas quais palavras e símbolos são usados para explorar a natureza testável, revisável, conjectural, explicativa e geradora de ideias científicas (WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008b).

exemplo, relacionados ao modelar (GILBERT; JUSTI, 2016; MAHR, 2011; SCHWARTZ, 2019). Nesse contexto, discutir *práticas científicas* e *práticas epistêmicas* na Educação em Ciências vem ganhando mais destaque em pesquisas da área.

2.2 Práticas Científicas e Práticas Epistêmicas na Educação em Ciências

Um dos objetivos propostos para a Educação em Ciências contemporânea é o de envolver estudantes em práticas científicas. Osborne (2011) explica que isto possibilita a produção de conhecimentos nas salas de aula sobre a natureza dos empreendimentos científicos e promove o desenvolvimento de uma compreensão mais ampla sobre o que cientistas fazem.

Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) enfatizam que, na sala de aula, as práticas científicas podem ocorrer em atividades pautadas em argumentação, investigação ou modelagem, nas quais estudantes se envolvem em interações sociais, ao invés de apenas reproduzir experimentos. Osborne (2011) é mais específico descrevendo práticas científicas com base em (i) planejamento de experimentos; (ii) coleta e análise de dados; (iii) desenvolvimento de explicações usando modelos e teorias; e (iv) avaliação e explicação crítica.

Pesquisadores vêm discutindo a influência da inserção de estratégias de ensino pautadas em práticas científicas no ensino de Ciências, ressaltando suas potencialidades (BERLAND *et al.*, 2016; KRAJCIK; MERRITT, 2012; OSBORNE, 2014b; TOBIN *et al.*, 2018). Por exemplo, Tobin e colaboradores (2018) observaram que a promoção de práticas científicas em salas de aula apoiou a construção de conhecimentos por estudantes que se envolviam emocionalmente com os processos vivenciados. Além disso, eles consideram que tal envolvimento pode aumentar o interesse, a motivação e o engajamento de estudantes em diferentes níveis. Por isso, os autores sugerem que a inserção dessas práticas em salas de aula deve ser um dos objetivos centrais de qualquer currículo escolar. Por outro lado, pesquisadores ressaltam a importância de professores na condução das práticas científicas escolares. Por exemplo, Hodson (1992; 2014) discute o papel e a importância de professores de Ciências que oportunizam e conduzem situações para que estudantes vivenciem práticas científicas e como isto pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades na construção de conhecimentos.

A partir de um estudo com professores nesse contexto, Magnusson, Palincsar e Templin (2006) afirmam que é a dimensão dos movimentos instrucionais do professor que sinaliza explicitamente as normas de tais práticas. Nesse estudo, eles observaram três dimensões da atividade do professor nas práticas científicas: (1) estabelecer e manter as normas interativas do

discurso cotidiano; (2) trabalhar na interseção do discurso cotidiano e do discurso científico; e (3) estabelecer e apoiar as normas de práticas científicas.

Outro objetivo da Educação em Ciências contemporânea é aprender ciências a partir da participação ativa de estudantes em objetivos epistêmicos da Ciência⁶ (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE E CRUJEIRAS, 2017; DUSCHL, 2008; KELLY, 2008), o que pode ser conseguido posicionando as práticas científicas como contextos centrais dos processos de ensino e aprendizagem. Isto, segundo Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) lança luzes sobre as dimensões epistêmicas e sociais dessas práticas, algo de suma importância nas Ciências. É nesse cenário que as *práticas epistêmicas* ganham destaque.

Kelly (2008) define práticas epistêmicas como formas socialmente organizadas e interativamente performadas pelas quais membros de uma comunidade situada, com propósitos, expectativas comuns e valores culturais, usando ferramentas e produzindo significados compartilhados propõem, comunicam, avaliam e legitimam a construção do conhecimento. Kelly e Licon (2018) acrescentam que as práticas epistêmicas são: (i) *interacionais*, ou seja, construídas entre as pessoas por meio de atividades em comum; (ii) *contextuais*, situadas em práticas sociais e normas culturais; (iii) *intertextuais*, visto que são comunicadas por meio de histórias pautadas em discursos coerentes, sinais e símbolos; e (iv) *consequenciais*, haja vista que o conhecimento legitimado representa/reflete poder e cultura.

Destacando a comunicação nas práticas epistêmicas, Ødegaard (2003) afirma que elas refletem a dimensão da Ciência na sociedade. Na sala de aula, isso pode ocorrer, por exemplo, simulando processos sociais que se relacionem com processos comunicativos nas Ciências (por exemplo, uma conferência ambiental ou algum outro processo democrático) ao invés de focar o ensino apenas em simulações de métodos científicos conhecidos (por exemplo, reprodução de fenômenos em laboratórios. Segundo esta autora, quando aspectos da comunicação científica são promovidos, o mundo real é trazido para a sala de aula no contexto da ação prática, podendo ressaltar elementos essenciais de NdC, bem como interesses divergentes e conflitos éticos nos processos de tomada de decisão. Em nosso entendimento, isto reforça o argumento de Duschl (2008) de que a Educação Científica deve fomentar práticas para explicar “como sabemos o que sabemos” ou “por que acreditamos no que fazemos” (p. 580), contribuindo para um compromisso cuja base é epistêmica na busca pela racionalidade e pensamento crítico.

⁶ Jiménez-Aleixandre e Crujeiras entendem objetivos epistêmicos como “objetivos relacionados a como sabemos o que sabemos e a como o conhecimento científico é construído” (2017, p. 69).

Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) relatam que há estudos com foco em práticas epistêmicas e outros com foco em práticas científicas. Porém, às vezes, esses termos são usados de forma intercambiável. Contudo, há diferenças sutis, muitas vezes desapercibidas entre o que podemos nomear prática científica ou prática epistêmica.

Entendemos que práticas científicas podem ser quaisquer práticas vivenciadas por cientistas (por exemplo, argumentação, experimentação, comunicação de ideias etc.). Contudo, o modo como as práticas científicas são performadas definem o nível, ou consistência, das práticas epistêmicas. Tomamos como base Ødegaard (2003) que exemplifica tais ideias com a prática de comunicação nas Ciências. Para esta autora, dependendo de “como” e “em qual” contexto ocorre a comunicação científica, ela assume níveis epistêmicos diferentes. Por exemplo, se a comunicação ocorre apenas com a apresentação de resultados de pesquisa, provavelmente ela será uma prática epistêmica com nível relativamente mais baixo do que se ela ocorrer a partir de um debate argumentativo, com membros de uma comunidade especializada naquele tipo de conhecimento, havendo discussões, contrapontos e, porventura, resultando em um consenso em tal comunidade. Portanto, concordamos com Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) quando elas afirmam que, para fins de pesquisa analítica, é interessante que tratemos os dois tipos de prática como noções diferentes, embora haja certo grau de sobreposição entre elas. Porém, estabelecer tal diferenciação não é uma tarefa fácil.

Práticas envolvendo modelos e/ou modelagem são comuns nas Ciências e na Educação em Ciências e podem apresentar caráter científico-epistêmico em diferentes níveis. E isto depende de como tais práticas são desenvolvidas nesses espaços. Em se tratando de espaços educacionais, professores promovendo a ECFM necessariamente conduzem práticas científicas com níveis epistêmicos que dependem de como eles mobilizam conhecimentos próprios da docência para promover a aprendizagem de estudantes, o que entendemos como algo desafiador para tais professores. Movidos por este desafio, discutimos, a seguir, modelos e a construção deles nas Ciências e na Educação Científica.

2.3 Modelos e Modelagem nas Ciências

Neste tópico, apresentamos considerações de alguns pesquisadores sobre a caracterização de modelos e concepções dos mesmos como produtos das Ciências (GILBERT; JUSTI, 2016; NERSESSIAN, 1999; HARRISON; TREAGUST, 2000a; 2000b), uma vez que isto é essencial para explicarmos a nossa concepção de modelagem como um processo científico-epistêmico.

Para Gilbert e Justi (2016), não há uma definição uniforme do conceito de modelo nas Ciências Naturais, porém, os significados ligados à palavra modelo levam a duas interpretações canônicas gerais: uma pautada no aspecto representacional e outra que enfoca o valor epistêmico dos modelos. Há um consenso entre os filósofos semânticos de que modelos são representações da realidade. Isso porque, para esse grupo social, a função da representação é relacionar o sistema real (um conjunto fixo de objetos discretos e aquilo que será representado) ao seu modelo (a própria representação de tal sistema). Nesse sentido, o aspecto cognitivo que mais se sustenta e destaca em um modelo é seu poder representativo e sua associação ao grau de sua validade. Além disso, o ponto-chave dessa interpretação está no conhecimento da estrutura do modelo e da entidade que está sendo representada (GILBERT; JUSTI, 2016).

Vasconcelos e Kim (2020) propõem que esta definição é responsável por um relacionamento entre modelo e referente que enfatiza a precisão representacional como um princípio para orientar a criação e o desenvolvimento de um modelo. Nessa concepção (natureza representacional), modelos são geralmente entendidos como versões simplificadas e idealizadas de fenômenos do mundo que ajudam a: entender fenômenos; prever eventos; fornecer uma estrutura para experiências e simulações; e, também, aprender. Porém, nessa perspectiva, eles podem limitar o aprendizado devido a uma tendência a generalizações excessivas.

Mozzer e Justi (2018) salientam que a adoção por parte de pesquisadores da visão de modelos *como representação de algo* tem recebido críticas, especialmente porque esta visão se limita ao reconhecimento semântico e estrutural desse “algo” sem considerar o seu conteúdo, nem a maneira escolhida de representá-lo. Isso endossa o ponto de vista de Knuuttila (2005; 2011), visto que a autora considera que tal visão não é a mais plausível quando se pensa que em alguns domínios das Ciências não é possível identificar o que está sendo representado.

Morrison e Morgan (1999) apresentam outra visão para modelos: a de que eles são *mediadores*, isto é, entidades com as quais é possível reinterpretar a relação entre as teorias e o mundo real. Essas autoras focam suas ideias na consideração e no reconhecimento de aspectos representacionais de modelos, porém, avançam ao considerar que modelos são *representações parciais da realidade*. Nota-se que o termo “parciais” permite uma reinterpretação do caráter representacional, visto que sugere um reconhecimento de que toda representação tem potencialidades e limitações. Além disso, os papéis desempenhados por eles nos processos de sua construção, em seus aspectos representacionais, e em suas potencialidades representacionais devem também ser considerados (MORRISON; MORGAN, 1999). Esses

apontamentos destacam potencialidades de modelos em ampliar os significados atribuídos ao seu uso, mesmo que voltado para o campo das representações (JUSTI, 2006).

Caminhando no sentido de ampliar essa visão, em 2005, Knuuttila teceu uma crítica às visões reducionistas de modelos como representações e como representações parciais da realidade. A autora se posicionou não totalmente contrária a essas visões, mas considerando as mesmas como pontos de partida importantes para o desenvolvimento de uma ideia não apenas representacionalista sobre modelos. Para Knuuttila (2005), modelos podem ser *artefatos epistêmicos*, desde que sejam intencionalmente construídos e materialmente incorporados, com *status* individual de ferramentas de pensamento. Desta maneira, Knuuttila não exclui a característica representacional de modelos, mas situa estes artefatos em relação aos processos de produção, investigação e interpretação, determinantes para atribuição de seu valor epistêmico. Assim, modelos podem operar não apenas como ferramentas e geradores de inferências, mas também como objetos de investigação na prática científica, em sua própria essência. Por isso, concordamos com a autora quando ela afirma que essa visão incorpora uma perspectiva processual que envolve desde o pensar sobre modelos até sua construção e usos.

Na perspectiva sociocultural, o psicólogo Wertsch (1998) apresenta, como uma das propriedades da ação mediada, o fato de que todas as ferramentas ou artefatos culturais são materiais. Ele considera que até a fala, mesmo que desapareça instantaneamente após ser proferida, tem sua materialidade sustentada em frações de segundos. No polo extremo, existem os artefatos com materialidade permanente (tais como manuscritos em papiros) que, por sua vez, continuam a existir, mesmo que seu criador tenha, porventura, desaparecido.

Relacionando esta propriedade da ação mediada (materialidade) inerente a quaisquer ferramentas ou artefatos (WERSTCH, 1998) à ideia de modelos como artefatos epistêmicos (KNUUTTILA, 2005), é possível reconhecer a importância deles para o funcionamento epistêmico das práticas no campo sociocultural, uma vez que é necessário haver algo material, isto é, algo independente com o qual possamos agir e que seja socialmente acessível a outros.

Isso reforça a nossa crença de que o uso de modelos e a modelagem se configuram como um conjunto de ações mediadas por esses artefatos de pensamento considerando que eles possuem materialidade e, a partir deles (ou de sua construção), é possível gerar conhecimentos em contextos socioculturais. A esse caráter mediado são integrados elementos da *episteme*, isto é, pertencentes a processos de construção de conhecimentos que permitem “*representação e análise indiretas*” (KNUUTTILA; BOON, 2011, p. 266), além da interpretação de informações e das principais propriedades de um sistema (VASCONCELOS; KIM, 2020) e da compreensão

do mundo como experimentado (GILBERT; JUSTI, 2016). Assim, entendemos que com modelos é possível investigar, produzir, avaliar, legitimar e comunicar conhecimentos a partir de processos que envolvem raciocínio, criatividade etc. Por isto, adotamos a visão de modelos como artefatos epistêmicos visto que ela caracteriza de modo mais amplo o poder e autoridade (WERTSCH, 1998) dos modelos nas práticas científicas e epistêmicas, além de refletir melhor nossas crenças sobre eles.

Nos últimos anos, mais pesquisadores da área de Educação em Ciências estão abordando o conceito de modelos de um ponto de vista epistemológico (por exemplo, CAMPBELL *et al.* 2019; GILBERT; JUSTI, 2016; KARNAOU *et al.*, 2018; KRELL *et al.*, 2019; MEISTER, 2020; MOZZER; JUSTI, 2018; UPMEIER ZU BELZEN; VAN DRIEL; KRÜGER, 2019). Por exemplo, Mozzer e Justi (2018) consideram que modelos possibilitam a aprendizagem e a geração de conhecimentos podendo apoiar a imaginação sobre como objetos podem ser, comportar e interagir entre si, independentemente de sua existência no mundo real. Por sua vez, Karnaou e colaboradores (2018) e Krell e colaboradores (2019) especificam modelos como artefatos epistêmicos indicando como eles se relacionam a várias práticas científicas, nas salas de aula, tais como: simplificar, explicar, abstrair, argumentar, prever, representar, projetar experimentos e/ou outros modelos.

Campbell e colaboradores (2019) afirmam que a base epistemológica do ensino que considera modelos como artefatos epistêmicos contribui para apoiar o desenvolvimento de habilidades dos estudantes para lidar com desafios (por exemplo, explicar fenômenos), usando modelos em vários contextos. Assim, é importante que professores organizem suas estratégias de ensino considerando modelos nessa perspectiva, haja vista que isso pode se refletir nos modos como estudantes se envolvem (epistemicamente) em práticas científicas escolares.

Assim, ao se apoiar na visão de modelos como artefatos epistêmicos, professores podem promover atividades para a ECFM que apoiem um aprendizado de Ciências que faça mais sentido para os estudantes. Isso porque, nessa visão, há considerações mais consistentes sobre abordagens que envolvam práticas científicas, no que se refere às capacidades de construir, revisar, comparar, avaliar e validar modelos (GILBERT; JUSTI, 2016; SCHWARZ *et al.*, 2009), e práticas epistêmicas, no que se refere a como se envolver em tais práticas de modo a produzir sentidos sobre o que se faz, como se faz e o que se aprende fazendo (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017).

Tais ideias nos dão suporte para estabelecer uma comparação com a principal consideração de Wertsch (1998) ao propor a Teoria da Ação Mediada em uma perspectiva

sociocultural. Este autor caracteriza uma ação como mediada somente quando se considera a unidade de análise *sujeito-agindo-com-meios-mediacionais*, isto é, ela se caracteriza pelos meios mediacionais sendo usados (agência) por alguém (agente) em interação com outros sujeitos. Nessa perspectiva, a ação mediada está situada em contextos sociais, culturais e institucionais em que ocorrem tais ações de sujeitos, mediadas por ferramentas culturais. Assim, para entendermos as transformações nas ações e a produção de significados no decorrer do uso de determinada ferramenta cultural, é necessário entender a história do seu uso porque, segundo Wertsch (1998), as ferramentas culturais são historicamente situadas.

A relação entre modelos e contextos de sua produção ou uso já foi destacada por alguns pesquisadores (BUCKLEY, 2012; CAMPBELL *et al.*, 2019; GILBERT; JUSTI, 2016; PASSMORE; GOUVEA; GIENE, 2014; PASSMORE *et al.* 2016; SCHWARZ; WHITE, 2005; SCHWARZ *et al.*, 2009). Por exemplo, as pesquisas de Passmore, Gouvea e Giene (2014) e Campbell e colaboradores (2019) revelam como modelos agem como ferramentas dependentes dos contextos para organizar o trabalho cotidiano de cientistas. Quando isso é considerado a partir de orientações para a disponibilização de ambientes de aprendizagem de Ciências, estudantes podem se posicionar como participantes legítimos nas dimensões social, epistêmica e material da Ciência (LEHRER; SCHAUBLE, 2006; LOUCA; ZACHARIA, 2012), contribuindo para uma maior autenticidade no ensino.

Gilbert e Justi (2016) também afirmam que as características artefatuais de modelos atribuem a eles certa “autonomia”. Isso pode ser usado como justificativa, por exemplo, para a consideração de modelos como ferramentas de investigação em práticas científicas e como ferramentas epistêmicas de aprendizagem sobre o mundo (FRIGG; NGUYEN, 2017; GILBERT; JUSTI, 2016; KNUUTTILA, 2005; 2011).

A partir das considerações sobre modelos como ferramentas de investigação científica e ferramentas epistêmicas situadas em contextos de aprendizagem, estabelecemos relacionamentos entre professores ou estudantes (agentes) e a modelagem (como um conjunto de ações mediadas nas salas de aula) no que diz respeito a *poder e autoridade* (WERTSCH, 1998). Wertsch explica que, quando em uso de algum artefato, agentes se tornam capazes de “agir sobre o meio ambiente” quando a eles são atribuídos *status* relevantes nas ações, relacionados ao poder e à autoridade de membros de uma comunidade situada. Isto pode ocorrer no contexto de quaisquer práticas vivenciadas por eles nas salas de aula, principalmente quando o ponto-chave é convencer outros sobre conhecimentos produzidos, sobretudo, a partir de práticas epistêmicas relacionadas à comunicação e à legitimação de conhecimentos. Na

modelagem, modelos são elaborados e comunicados em audiências a partir de processos argumentativos. Além disto, o poder e autoridade dos sujeitos são guiados pela qualidade do discurso que, por sua vez, é intrinsecamente (mas não exclusivamente) dependente dos modelos que são elaborados. Quanto mais abrangente e consistente é um modelo, maiores são o poder e a autoridade de sujeitos que dele fazem uso na ação.

Nesse sentido, percebemos uma mudança de paradigmas do ensino de Ciências que se relaciona a “o que” ou “quem” tem papel de poder e autoridade nas salas de aula. Em contrapartida, estudos sobre Educação em Ciências mostram que o diálogo entre professores e estudantes é assimétrico, com o professor quase sempre assumindo o papel de poder e autoridade nos discursos e com a linguagem dominante sendo um sistema de rotulagem meramente descritivo (LEMKE; 1990, SUTTON; 1996). Buscando romper com tal assimetria, a ECFM deve cumprir seu potencial educacional ao oferecer ambientes de aprendizagem não autoritários e criativos, que permitam aos estudantes ser críticos, curiosos e comunicativos e que, ao mesmo tempo, estimulem uma visão sobre o valor das críticas, das reflexões, das divergências e de consensos nas Ciências.

Assim como Schwartz (2019), entendemos que modelos têm finalidades epistêmicas nos quesitos: explicação ou organização de observações; simplificação de fenômenos complexos; visualização de conceitos abstratos; e fornecimento de estruturas para orientar investigações. Com isso, é possível: explicar, prever, visualizar, simplificar, testar e mostrar relações no desenvolvimento do conhecimento científico. Ademais, alguns pesquisadores apontam relações de modelos com práticas científicas, por exemplo, a argumentação, destacando que o aprendizado de modelos científicos e a capacidade de argumentar com o uso dos mesmos desempenham um papel importante no aprendizado de Ciências (DEVELAKI, 2017; ERDURAN; DUSCHL, 2004; GILBERT; JUSTI, 2016; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008a). Outros pesquisadores associam essa concepção de modelos à criação e uso de analogias, visto que estas podem ser fontes de modelos, mesmo que um modelo em si não seja necessariamente uma analogia (GILBERT; JUSTI, 2016; MOZZER; JUSTI, 2012; 2015; 2018; NERSESSIAN, 2008). Essas e outras práticas e processos podem constituir um processo mais amplo: a modelagem.

Nesta Tese, pautamo-nos na definição apresentada por Gilbert e Justi (2016), segundo a qual modelagem é um processo dinâmico de produção, modificação (talvez seguida de abandono) e uso de modelos nas Ciências, sendo uma das práticas centrais usadas por cientistas no complexo processo cíclico e não linear de construção de conhecimentos científicos. A partir

desta perspectiva, entendemos a modelagem como um processo científico-epistêmico, pois pode ocorrer tanto por práticas científicas quanto por práticas epistêmicas.

Por exemplo, Gilbert e Justi explicam que na modelagem os processos podem ser construídos em torno de uma questão ou problema que seja interessante e que sirva como ponto de partida para: a proposição de hipóteses; observações sistemáticas; testes dessas hipóteses; criação de modelo(s) para o(s) fenômeno(s); explicação(ões) desse(s) fenômeno(s); avaliações de sua utilidade, de seu poder preditivo ou de sua adequação explicativa; revisão(ões) do(s) modelo(s); e aplicação dele(s) em novas situações. Além disso, Knuuttila (2005) afirma que na modelagem podem ocorrer idealizações, aproximações, convenções e ficções, além de produção de conhecimentos sobre mecanismos, processos ou soluções experimentais que podem funcionar como base para várias inferências. Levando em conta essas ideias, Gilbert e Justi (2016) propuseram um modelo para o processo de modelagem, modelo este que adotamos como orientador nesta pesquisa.

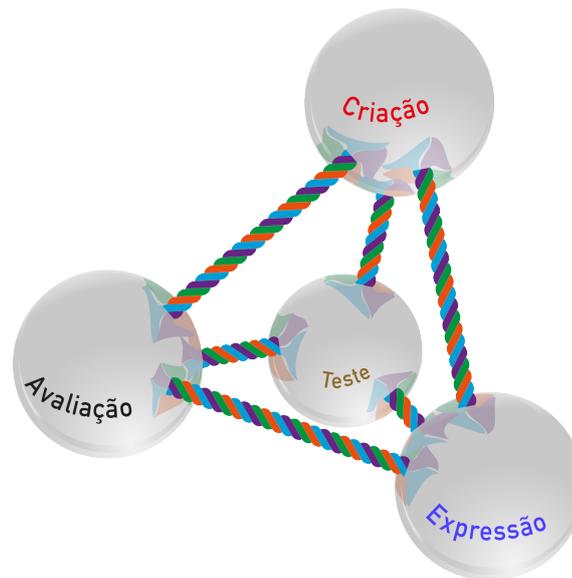
2.3.1 O Diagrama Modelo de Modelagem v2

Em 2016, John Gilbert e Rosária Justi propuseram um modelo para o processo de modelagem, o *Diagrama Modelo de Modelagem v2* (DMM v2). Essa proposição foi pautada na visão de modelos como artefatos epistêmicos (KNUUTTILA, 2005) e cujos propósitos se relacionam a diversas práticas, tais como observar, argumentar, explicar, prever, representar, projetar experimentos e/ou outros modelos etc. e processos empíricos e/ou cognitivos como testes, avaliação, raciocínio analógico etc.

Com o DMM v2, esses autores buscaram apresentar a modelagem em uma visão mais ampla do que a que assumiam até então (de modelos como representações parciais da realidade). Para isso, consideraram uma revisão da literatura que auxiliou na modificação de suas próprias ideias e na reestruturação daquilo que eles já sabiam sobre o processo, revisitação de estudos anteriores e de estudos mais recentes sobre modelagem, modos de expressão mais representativos para esses processos etc.

Segundo o DMM v2 (representado na figura 2.1), a modelagem se constitui basicamente de quatro etapas: *criação* de um protomodelo, *expressão*, *teste* e *avaliação* de um modelo. Tais etapas não têm uma ordem específica de ocorrência, ou seja, não são predeterminadas, e possuem subetapas (JUSTI; GILBERT, 2002a; JUSTI, 2006; GILBERT; JUSTI, 2016).

Figura 2.1 Diagrama Modelo de Modelagem v2



Fonte: Traduzido de Gilbert e Justi (2016, p. 36).

A etapa de *criação* de um protomodelo⁷ resulta da compreensão e/ou definição de propósitos para a obtenção de informações sobre a entidade a ser modelada. Essa *criação* em determinado contexto envolve a integração de três subetapas que se relacionam à: definição de propósito(s); consideração de experiência(s) prévias; e buscas por fonte(s) para sustentar o processo. Os propósitos para a criação de um modelo podem ser definidos por quem está executando o processo ou por outra pessoa. Além disso, as experiências de apoio a essa *criação* se relacionam à aquisição de informações pelo sujeito, tanto a partir de seus conhecimentos prévios quanto de estudos na literatura sobre o assunto e/ou da análise de dados experimentais. A fonte do protomodelo pode ser, por exemplo, uma analogia ou uma ferramenta matemática que estabeleça relações entre elementos da experiência, apoiando sua produção ou desenvolvimento. Desse modo, quando há a integração dessas subetapas, ocorre a *criação* do protomodelo (GILBERT; JUSTI, 2016).

A etapa de *expressão* é aquela na qual o modelo é materializado visando sua expressão e comunicação. Um modelo pode ser expresso a partir de um ou vários modos de representação,

⁷ Quando começaram a compreender os modelos como artefatos epistêmicos e a modelagem como um processo que envolve, por exemplo, criatividade, argumentação, raciocínio analógico etc., Gilbert e Justi substituíram o termo “*criação* de modelos mentais” (JUSTI; GILBERT 2002b) por “*criação* de um protomodelo” (2016). Nas palavras dos autores, isso ocorreu “com a finalidade de se estabelecer uma relação coesa entre essa nomenclatura e a ideia de modelos como artefatos epistêmicos” (GILBERT; JUSTI, 2016, p. 33).

que podem ser bidimensionais, tridimensionais, gestuais, simbólicos, verbais etc. Além disto, para que ele seja bem entendido, é necessário detalhar o significado dos códigos de representação específicos do artefato resultante (GILBERT; JUSTI, 2016).

A etapa de *testes* do modelo pode ocorrer com o sujeito projetando e conduzindo experimentos empíricos e/ou mentais, sendo que o(s) tipo(s) de *teste(s)* escolhido(s) depende(m) da entidade a ser modelada, assim como dos recursos e/ou condições disponíveis. Além disso, esta etapa pode envolver um ou mais *testes* que podem ocorrer sucessivamente. Caso aspectos do modelo falhem parcialmente em um *teste*, é necessário reformulá-lo de modo a suprir tais falhas; caso um modelo apresente falhas relacionadas a aspectos cruciais e determinantes para seus objetivos, isso deve resultar em sua rejeição e na necessidade de recomeçar o processo de modelagem.

Gilbert e Justi (2016) também propuseram uma etapa de *avaliação* do modelo na qual ocorre a necessária identificação de suas limitações, potencialidades e abrangência quando usado em diferentes situações/contextos. Por isso, nesta etapa, é importante que o sujeito procure meios de validar seu modelo perante os pares e demonstrar sua utilidade e abrangência em outros contextos.

Na perspectiva da ação mediada (WERTSCH, 1998), a etapa de *avaliação* de modelos é inerente a uma das propriedades do uso de ferramentas culturais, sobre a qual o autor afirma que os meios mediacionais tanto restringem quanto possibilitam algum aspecto na ação. Essa propriedade deriva do conceito de *affordances*⁸, cunhado por Gibson (1986) que entendemos como as *potencialidades* que o meio ambiente (e nele, os recursos utilizados) oferece para os sujeitos, possibilitando ou restringindo ações. Em outras palavras, quando ocorre a *avaliação* de modelos, o que se avalia de fato são as potencialidades dessas ferramentas culturais, isto é, como os mesmos restringem ou possibilitam ações em situações diferentes da qual foram criados. Além disto, tal propriedade endossa a consideração de que modelos sempre podem ser revisados e reformulados, dependendo de sua abrangência, como um processo científico contínuo porque sempre existirão limitações e potencialidades inerentes aos modelos.

No DMM v2, o processo de modelagem é representado em uma figura (2.1) a partir de um tetraedro, em uma perspectiva tridimensional, na qual as etapas do processo são localizadas

⁸ O termo *affordances* não possui tradução para o português. Tal termo deriva do verbo inglês *to afford* cujo significado é permitir que alguém tenha algo agradável ou necessário, isto é, possibilitar ou potencializar algo.

nos vértices da figura, em esferas interconectadas entre si. Gilbert e Justi (2016) esclarecem que optaram por utilizar um tetraedro porque ele (i) é uma forma geométrica na qual todos os vértices são equidistantes uns dos outros e apresentam os mesmos ângulos; e (ii) pode ser girado sem alterar as relações entre as etapas representadas nos vértices. Assim, tal forma geométrica enfatiza três características essenciais do processo: ser cíclico (a partir da interconexão entre todas as etapas do processo), não linear e não predeterminado (o que externaliza a consideração de que o processo pode ocorrer partindo-se de diferentes etapas). Isto significa que a modelagem pode ocorrer a partir de uma gama de possibilidades de caminhos, contribuindo para excluir a ideia de o processo ser linear e de as etapas ocorrerem em uma ordem específica, rompendo com a visão positivista que aborda o método científico nas Ciências. Outro ponto importante a se destacar é que o DMM v2 elimina quaisquer tentativas de atribuir maior importância a uma das etapas da modelagem frente às outras, considerando-as igualmente importantes no processo como um todo.

Além disso, Gilbert e Justi (2016) representam as arestas do tetraedro por cordas constituídas por quatro fios de cores distintas e retorcidos. Eles explicam que tais cordas representam os quatro principais processos cognitivos que permeiam o processo de modelagem: a realização de experimentos mentais, a argumentação, a criação de representações imagísticas e o uso de raciocínio analógico. Além disso, a conexão das esferas de cada vértice e o entrelaçamento das cordas indica que esses processos cognitivos podem ocorrer em todo o processo. Por exemplo, Gilbert e Justi (2016) consideram que os experimentos mentais, apesar de serem realizados principalmente na etapa de *testes* de um modelo, também podem ocorrer nas outras etapas da modelagem. Por exemplo, na etapa de *criação*, eles podem ser realizados quando se estabelecem relações entre as informações; na etapa de *expressão*, ao analisar a adequação dos modos de representação utilizados; e na etapa de *avaliação*, quando o comportamento do modelo é analisado em outro contexto.

Ao nos apropriarmos do DMM v2 e das ideias sobre o processo de modelagem que ele apresenta (GILBERT; JUSTI, 2016), nos tornamos mais convencidos de como ele se associa a um multiverso de práticas e processos das Ciências que podem ser caracterizados tanto a partir de suas consistências científicas quanto de suas consistências epistêmicas. Portanto, destacamos que o *status* atribuído ao processo de modelagem vivenciado depende de como ele é planejado, realizado e experimentado, ou seja, depende de como os sujeitos se envolvem nos processos cognitivos, como eles interagem nas comunidades situadas, como conhecimentos são utilizados e produzidos nessas comunidades, quais recursos são usados pelos sujeitos em quaisquer das

etapas do processo etc. Diante disto, das considerações de Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) que ressaltam a sobreposição de práticas na modelagem e pautados na visão de modelos como artefatos epistêmicos, reforçamos nossas crenças de que este processo pode ser compreendido como científico-epistêmico.

2.4 Modelos e Modelagem na Educação Científica

Justi e Gilbert (2002a) identificaram cinco abordagens para a aprendizagem sobre modelos e modelagem na literatura em Educação em Ciências: *aprender modelos curriculares*; *aprender a usar modelos*; *aprender a revisar modelos*; *aprender a reconstruir um modelo*; e *aprender a construir um novo modelo*.

Aprender modelos curriculares é uma situação na qual o foco recai sobre os conteúdos das Ciências, ou seja, sobre aprender um produto, por exemplo, na Química, um modelo para ácidos e bases ou o modelo cinético-molecular. *Aprender a usar modelos* significa aprender a aplicá-los em um contexto no qual eles tenham funcionalidade, por exemplo, aplicar um modelo para ácidos e bases na classificação de substâncias ou aplicar o modelo cinético-molecular para explicar mudanças de estados físicos de uma substância. *Aprender a revisar modelos* envolve alterar um modelo para que ele atenda melhor uma demanda contextual para o qual foi criado. Por exemplo, adaptar um modelo cinético-molecular mais geral para explicar um sistema específico no qual substâncias específicas reagem entre si. *Aprender a reconstruir um modelo* ocorre a partir da reconstrução criativa de um modelo usando modos de expressão diferentes do(s) original(ais). Por exemplo, adicionar à representação do modelo cinético-molecular a partir do modelo de Dalton (esferas maciças) outras representações, tais como gráficos e fórmulas químicas para explicar um fenômeno. Por último, *aprender a construir um novo modelo* denota uma situação na qual alguém aprende a elaborar um modelo sem o conhecimento de modelos prévios para a entidade a ser modelada. Por exemplo, estudantes criarem modelos, pela primeira vez, para explicar qualquer fenômeno que estejam aprendendo.

Gilbert e Justi (2016) salientam que a caracterização individual dessas abordagens para a aprendizagem sobre modelos não significa que elas sejam exclusivas da modelagem. Isso porque a modelagem é um processo amplo que pode incluir diferentes abordagens das citadas acima (JUSTI; GILBERT, 2002a), em contextos científicos e educacionais.

Considerando os objetivos para a Educação em Ciências propostos por Hodson (1992; 2014), Gilbert e Justi (2016) discutem que a Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM) tem importante papel em termos do: (i) *aprender ciências*, favorecendo o

desenvolvimento de conhecimentos a partir do estabelecimento de relações entre várias ideias e entendendo a modelagem e seus papéis no desenvolvimento do conhecimento científico; (ii) *fazer ciências*, quando esse desenvolvimento se pauta em práticas similares às aquelas experienciadas por cientistas, em termos de modelos e da modelagem; (iii) *aprender sobre ciência*, de modo que as vivências em modelagem ocorram concomitantemente à aprendizagem de aspectos relacionados à própria natureza do conhecimento científico e ao conhecimento *de e sobre* modelos e modelagem; e (iv) *aprender a abordar questões sociocientíficas*, que podem ocorrer quando situações autênticas em práticas de modelagem são usadas na ou fomentam discussões sobre questões sociocientíficas.

Destacamos ainda, como mencionado no início desta seção, que o processo de modelagem é importante por favorecer e proporcionar situações de ensino e aprendizagem *de e sobre* Ciências pois, nele, ocorrem construção de observações e análise de problemas, explicações sobre fenômenos e desenvolvimento de raciocínios científicos a partir desses processos (GILBERT, JUSTI, 2016; KARNAOU *et al.*, 2018; MAIA; JUSTI, 2009). Quando o processo é levado em conta, por exemplo, na comunicação dos modelos produzidos, o próprio processo pode dar mais legitimidade e confiabilidade ao modelo elaborado. Além disso, o próprio processo construtivo de modelagem exige dos estudantes: (i) definir e revisar problemas ao longo do tempo; (ii) buscar informações e fontes de dados; e (iii) construir explicações para fenômenos científicos, em vez de simplesmente memorizar fatos e definições. O processo de usar dados para elaborar um modelo pode também permitir aos estudantes determinar a qualidade de diferentes fontes de informação. Portanto, a modelagem fornece um contexto para estudantes criarem argumentos científicos, declararem e justificarem seus posicionamentos utilizando evidências (MAIA; JUSTI, 2009).

Além disto, Justi e Gilbert (1999) consideram que a ECFM oportuniza o desenvolvimento de habilidades por parte dos estudantes, a partir de realização ativa de ações específicas nas práticas e processos que a integram, desde que as atividades sejam planejadas atenciosamente pelos professores. Nesse sentido, Gilbert (2004) e Justi (2015) afirmam que tais ações práticas podem ser planejadas para promover a reflexão e a criatividade, como ações centrais no fazer ciência (HODSON, 1992; 2014); possibilitar estruturações de ideias para o apoio à explicação de fenômenos; e favorecer a proposição de soluções para questões básicas de cunho sociocientífico quando este é um contexto de ensino e aprendizagem.

No que se refere ao ensino nesta perspectiva, Gilbert e Justi (2016) consideram que professores desempenham um papel fundamental para promover situações de ECFM nas quais

estudantes possam, para além de aprender Ciências, desenvolver habilidades relacionadas à modelagem. Isso, segundo os autores, deve ser considerado nos planejamentos e roteiros visando construir conhecimento de ensino *de* e *sobre* modelagem. Assim, o DMM v2 pode ser muito útil na área de Educação em Ciências, se professores se apropriarem dele para: (i) planejar e roteirizar atividades para a ECFM que serão aplicadas aos estudantes; (ii) pautar suas próprias estratégias de ensino e ações em salas de aula; e (iii) avaliar a aprendizagem dos estudantes envolvidos nos processos pautados na ECFM (GILBERT; JUSTI, 2016).

Vantagens pedagógicas da ECFM são infinitamente possíveis e não conseguimos explorá-las tal como gostaríamos nesta Tese por delimitação de tempo e espaço. Contudo, ressaltamos que para uma ECFM significativa para estudantes, deve haver ajuste e organização do ambiente de aprendizagem por parte de professores de Ciências, para que estudantes estabeleçam relacionamentos conscientes e críticos entre o que eles fazem e o que cientistas fazem visando construir conhecimentos. Além disto, professores devem ter conhecimentos sobre uma gama de aspectos pedagógicos relacionados à Educação em Ciências, em geral, e sobre a ECFM, em específico, para que os processos de ensino e aprendizagem façam sentido nas comunidades escolares situadas.

2.5 Conhecimentos Profissionais Docentes

2.5.1 Breve Histórico da Pesquisa sobre Conhecimentos Profissionais Docentes

Até o final da década de 1970 e início da década de 1980, ser professor era considerado sinônimo de fazer carreira no Magistério, isto é, entrar para uma equipe de trabalho de uma escola, nela assumir um papel e desempenhar uma função procurando atingir objetivos particulares definidos por essa equipe. As reformas efetuadas na formação para o magistério nos Estados Unidos (EUA), desde meados dos anos 1980, são o reflexo da mudança conceitual sobre a profissão docente. Naquele contexto de reformas, o professor começou a ser visto como um profissional dotado de competências. A partir de então, começaram a surgir pesquisas sobre o conjunto de *conhecimentos profissionais docentes* (CPD)⁹ mobilizados pelos professores em todas as suas tarefas (SHULMAN, 1986; 1987).

⁹ A concordância dada à ênfase de Shulman no caráter *profissional* dos conhecimentos docentes nos fez salientá-lo na sigla CPD (em vez de considerar apenas conhecimentos docentes – CD, como é mais comum na literatura).

As origens dos estudos sobre os CPD parecem ser mais antigas. Tentando estimá-las, Lee Shulman (1986) se debruçou sobre registros educacionais americanos e constatou que, a partir de testes aplicados a professores desde o início do século XX (nos níveis estadual e municipal), começaram a se intensificar pesquisas sobre a competência de professores em ensinar conteúdos e conceitos e sobre suas habilidades pedagógicas ao ensinar.

No contexto das reformas dos EUA, foram criados vários relatórios sobre como melhorar o ensino, seja como atividade ou como profissão. Em tais documentos, a profissionalização do ensino foi um tema recorrente. Naquele contexto, uma das constatações de Shulman (1986) foi a de que havia pouca preocupação com a organização do conhecimento de conteúdo por parte de professores. Além disso, ele observou uma nítida distinção entre propósitos pedagógicos (ausentes nas orientações curriculares na década de 1970) e conteúdos (ausentes nas orientações curriculares na década de 1980). Shulman também foi um dos pesquisadores a chamar atenção para o fato de que professores são profissionais e, como tais, possuem conhecimentos específicos dessa profissão (SHULMAN, 1986; 1987), visão que, de certa forma, se opõe à concepção de docência como fundamentada em conhecimento “puramente tácito”. Ele justificou seus argumentos na crença de que existe uma base de CPD de professores, isto é, um agregado codificado e codificável de conhecimentos, habilidades, compreensão e tecnologias, de ética e disposição, de responsabilidade coletiva, além de meios de representar e comunicar.

Além disto, naquela época a ênfase na formação de professores estava em como professores administravam suas aulas, organizavam atividades, atribuíam tempo e turnos às tarefas, estruturavam atividades, elogiavam e repreendiam estudantes, formulavam os níveis de suas perguntas, planejavam lições e julgavam a compreensão geral de seus estudantes (SHULMAN, 1986). Shulman e colaboradores de seu grupo de pesquisa se concentraram na transição do estudante especialista para o professor iniciante (de Inglês, de Biologia, de Matemática e de Estudos Sociais) investigando um grupo de professores recém-formados. Como etapa inicial da pesquisa, as biografias intelectuais desses professores foram traçadas buscando-se identificar um conjunto de entendimentos, concepções e orientações que constituem a fonte de suas compreensões sobre suas áreas de atuação. Para tal, eles consideraram que a maioria dos professores começava com alguma experiência que tangenciava conhecimentos de conteúdo que eles ensinavam. Depois, os professores participantes foram acompanhados durante o decorrer de um ano em seus ambientes de ensino. Além disso, foram realizadas entrevistas regulares com eles, sendo-lhes solicitado que lessem

e comentassem materiais relacionados aos conteúdos que ensinavam e que apresentassem explicações para aspectos instrucionais individuais.

A análise dos dados produzidos mostrou que, à medida que a investigação sobre as complexidades de compreensão e transmissão de conhecimentos de conteúdo¹⁰ pelos professores se desenvolvia, a necessidade de uma estrutura teórica mais coerente se tornava mais aparente. Naquele contexto, questões sobre os CPD de fato emergiram, motivando Shulman a se debruçar em pesquisas sobre tais CPD, o que resultou na proposição de um primeiro “modelo teórico” para eles (SHULMAN, 1986).

Pesquisas mais recentes têm abordado os CPD a partir de dois pontos de vista: cognitivista e sociocultural. Por exemplo, Henze e van Driel (2015) consideram que os CPD incluem um conjunto de aspectos cognitivos que engloba desde opiniões conscientes e bem equilibradas até intuições inconscientes e aparentemente não refletidas. Por outro lado, Grangeat (2015) nos informa que grande parte de pesquisadores se apoia no ponto de vista sociocultural ao afirmar que os CPD são uma síntese do que foi aprendido através da educação profissional, experiência individual e interações coletivas nos ambientes de trabalho.

Nesta pesquisa, entendemos que os CPD podem advir de aspectos cognitivos moldados, por exemplo, por crenças de professores, mas adotamos a perspectiva sociocultural como a principal (mas não exclusiva) base para eles. Isto porque consideramos que os CPD são parte do que foi aprendido nos cursos de formação de professores, nas experiências adquiridas nos ambientes de ensino e aprendizagem e nas interações sociais que se estabeleceram na escola e com toda a comunidade escolar (incluindo estudantes, professores, funcionários, família etc.).

2.5.2 Primeiro Modelo Teórico de Shulman para CPD

Ao buscar compreender os modos de pensar sobre um determinado conhecimento de domínio de conteúdo no ensino, Shulman (1986) propôs um primeiro modelo teórico que distingue três categorias de CPD: (i) *Conhecimentos de Conteúdo* (CK)¹¹; (ii) *Conhecimentos de Currículo*; e (iii) *Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo* (PCK).

¹⁰ Transmissão de conhecimentos é o termo usado por Shulman (1986) em sua publicação original. Por isto, mantivemos o termo tal como é referenciado pelo autor.

¹¹ Optamos por utilizar as siglas em inglês dos termos Content Knowledge (CK) e *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) devido à ampla utilização de ambas na literatura mundial, ao invés de siglas que remetam aos termos em português (conhecimentos de conteúdo e conhecimentos pedagógicos de conteúdo).

2.5.2.1 *Conhecimentos de Conteúdo (CK)*

Shulman (1986) se refere aos CK como sendo a quantidade e organização do conhecimento por si só na mente do professor. Mais reconhecido na cultura escolar tradicional, os CK se referem aos conteúdos de cada disciplina e a como eles são estruturados. Todavia, pensar adequadamente sobre CK requer ir além de conhecimentos de fatos ou de conceitos relacionados a um conteúdo a ser ensinado, ou seja, é necessário compreender as estruturas da disciplina. Isso é explicado por ele ao exemplificar CK no âmbito da Educação em Ciências apontando como um professor deve se organizar para o ensino de Biologia a partir da estrutura da disciplina:

A Biologia pode ser formulada como (a) uma Ciência de moléculas a partir da qual se agrega todo o campo, explicando os fenômenos vivos em termos dos princípios de suas partes constituintes; (b) uma Ciência de sistemas ecológicos que se desagrega até as unidades menores, explicando as atividades das unidades individuais em virtude dos sistemas maiores de que fazem parte; ou (c) uma Ciência de organismos biológicos, aqueles mais familiares de unidades analíticas, de cujas estruturas, funções e interações familiares se tece uma teoria da adaptação. O professor de Biologia bem-preparado reconhecerá essas formas alternativas de organização e os fundamentos pedagógicos para selecionar uma, em algumas circunstâncias, e outras, em circunstâncias diferentes (SHULMAN, 1986, p. 9).

Este exemplo da organização de conteúdos na Biologia, se comparado à organização dos conteúdos na Química (na qual predomina uma estrutura mais hierárquica dos conhecimentos (MATON, 2013)), nos faz entender melhor a afirmação do autor de que, “nas diferentes áreas temáticas, as formas de discutir a estrutura de conteúdo do conhecimento diferem” (SHULMAN, 1986, p. 9). Explicando melhor este ponto, Shulman sugere que é preciso pensar para além dos fatos ou conceitos de um domínio científico, ou seja, é preciso compreender as estruturas dos conteúdos e como os sujeitos as compreendem. Tais estruturas podem ser caracterizadas como estruturas *substantivas* e *sintáticas*.

Estrutura substantiva se refere à variedade de modos como os conteúdos e princípios básicos de uma disciplina se organizam para relacionar fatos. Por outro lado, estrutura sintática pode ser entendida como o conjunto de maneiras como afirmações ou refutações, validação ou invalidação de alegações sobre os conteúdos são estabelecidas, ou seja, é um conjunto de regras que usadas para determinar o que se pode dizer legitimamente no domínio de uma dada disciplina (SHULMAN, 1986). Sobre essas estruturas, o autor sugere que professores devem: (i) ir além de definições tidas como verdades aceitas nas Ciências; (ii) ser capazes de explicar por que algumas proposições podem ser justificadas, por que são importantes na construção de

conhecimentos e como podem se relacionar entre si, em uma disciplina ou entre disciplinas, tanto na teoria quanto na prática; (iii) promover o ensino de modo que estudantes compreendam não apenas que algo é assim, mas porque é assim; e (iv) entender porque alguns conteúdos são particularmente mais centrais em uma disciplina enquanto outros são periféricos.

2.5.2.2 *Conhecimentos de Currículo*

Diferentemente dos CK, Shulman define os *Conhecimentos de currículo* como um conjunto de conhecimentos que envolvem uma dimensão pedagógica, pois apresentam aspectos relacionados aos materiais que podem ser usados por um professor ao ensinar um determinado conteúdo a um público em particular. De um modo geral, esses conhecimentos devem: ser constituídos por uma gama de programas concebidos para o ensino de determinadas disciplinas e conteúdos, em um determinado nível; estar acessíveis em materiais instrucionais variados nesses programas; salientar características que servem tanto como indicações quanto como contra-indicações em circunstâncias particulares na instrução; e abranger as ferramentas de trabalho do professor (SHULMAN, 1986).

2.5.2.3 *Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo (PCK)*

Um terceiro tipo de conhecimento proposto por Shulman (1986) são os *PCK*. Estes: são um conjunto de conhecimentos exclusivos de professores, isto é, seu meio especial de compreensão profissional; são caracterizados pela forma particular em que se incorporam os aspectos de conteúdo mais pertinentes à sua capacidade de ensinar; são caracterizados na perspectiva do saber ensinar que incluem os conteúdos mais regularmente ensinados em uma disciplina, as formas mais úteis de “representar ideias, analogias, ilustrações, explicações, demonstrações e exemplos mais poderosos – em outras palavras, as formas de representar e formular o conteúdo que o tornam compreensível para os outros” (SHULMAN, 1986, p. 9).

PCK se diferem de CK e de Conhecimentos de currículo porque vão além de conhecimentos de conteúdos em si, para a dimensão de conhecimentos de conteúdos para o ensino. Além disso, no âmbito dos PCK, é necessário que o professor mobilize uma variedade de elementos tanto da pesquisa quanto da prática, e uma compreensão de o que facilita ou dificulta o aprendizado de conteúdos específicos. Neste último, Shulman destaca as concepções alternativas que estudantes de diferentes idades e origens trazem consigo. Assim, tanto os CK quanto os Conhecimentos de currículo podem ser considerados elementos-chave para os PCK de um professor. Isto porque os PCK ajudam o professor a fundamentar seu pensamento sobre o

que faz um conteúdo ou conceito de uma disciplina ser mais fácil ou difícil de ser aprendido. Além disso, o professor pode selecionar qual a melhor maneira de apresentá-los para favorecer a aprendizagem de estudantes (SHULMAN, 1986).

Como implicações de considerar esses tipos de CPD, Shulman (1986) aponta que eles: oportunizam pensar em diferentes modos de construir e organizar a avaliação de profissionais da Educação, sendo definidos e controlados por profissionais docentes e não por legisladores ou por leigos; devem refletir a compreensão de que ambos, conteúdos e processos, são necessários aos profissionais de ensino; e devem ser informados por uma literatura bem-organizada e codificada. Por isso, levar essa base de conhecimentos em consideração se apresenta como uma ferramenta útil para a atuação docente, uma vez que são os professores que acessam as bases únicas de conhecimento do ensino (SHULMAN, 1986; 1987).

2.5.3 *Segundo Modelo Teórico de Shulman para CPD*

Um ano após a proposição do primeiro modelo teórico para os tipos de CPD, Shulman (1987) propôs uma ampliação do mesmo considerando a existência de mais quatro categorias de CPD que permeiam a profissão docente. Além daquelas já explicitadas (CK, Conhecimentos de currículo e PCK), ele propôs: *Conhecimentos pedagógicos gerais; Conhecimentos sobre estudantes e suas características; Conhecimentos de contextos educacionais; e Conhecimentos dos fins, propósitos e valores da Educação e de sua base histórica e filosófica.*

Os Conhecimentos pedagógicos gerais se referem aos princípios e estratégias mais abrangentes de gerenciamento e organização de sala de aula, que parecem ultrapassar o que se relaciona ao conteúdo disciplinar e que são externos à prática de ensino, ou seja, utilizados para o saber ensinar. Os Conhecimentos sobre estudantes e sobre suas características são um dos constituintes dos CPD que refletem o que um professor passa a valorizar a partir da transformação da prática, ou seja, da adaptação e/ou ajuste de modos de ensinar a partir da necessidade de estudantes. Os Conhecimentos de contextos educacionais se constituem como os conhecimentos relacionados ao funcionamento do grupo ou da sala de aula, num espectro que vai desde a gestão e financiamento dos sistemas educacionais até as características das comunidades e suas culturas, ou seja, de uma base mais geral de ensino até um ensino situado em um contexto específico¹². Por fim, os Conhecimentos de fins, propósitos e valores da

¹² Nota-se que, neste modelo o contexto educacional é visto por Shulman (1987) como um tipo de CPD.

Educação e de sua base histórica e filosófica são uma parte considerável da base de conhecimentos acadêmicos sobre o ensino na qual estão situados os valores pessoais que os professores atribuem à sua prática de ensino, aos propósitos da educação, e aos métodos e estratégias para ensinar a partir de um ciclo de atividades (tais como: compreensão, transformação, instrução, avaliação e reflexão) (SHULMAN, 1987). Após a apresentação desse segundo modelo teórico, vários estudos foram produzidos no âmbito da Educação, com proeminência na pesquisa em Educação em Ciências, sobretudo, na década seguinte (COOPER; VAN DRIEL, 2019).

Adotando uma visão de ensino construtivista, e ancorados em sugestões apresentadas em documentos contemporâneos, como *A Framework for K-12 Science Education* (NRC, 2012), entendemos que professores de Ciências devem oferecer oportunidades para que estudantes se envolvam em situações autênticas, vivenciando práticas científicas e epistêmicas, visando a construção de conhecimentos para a produção de sentidos em salas de aula. Isto pode ocorrer a partir: da introdução de atividades experimentais, de argumentação e de modelagem nas aulas; do incentivo ao envolvimento e motivação dos estudantes para participar de investigações científico-epistêmicas; de orientações precisas para que eles se envolvam nos processos; e de fomento de estratégias e ações que os auxiliem a se engajar no desenvolvimento de habilidades semelhantes às empregadas pelos cientistas (o que inclui questionar, raciocinar, pesquisar documentos, interpretar dados, participar de discussões colaborativas, trabalhar com problemas aplicáveis a contextos da vida real etc.).

Fomentar tais estratégias docentes é uma tarefa complexa e exige de professores a mobilização de um conjunto de CPD, tanto gerais quanto específicos, para ensinar Ciências. Neste montante, acentuamos atenção aos PCK, visto que é no contexto de manifestação deles que as ações docentes para o ensino – sobretudo planejar, ensinar e refletir – se desenvolvem.

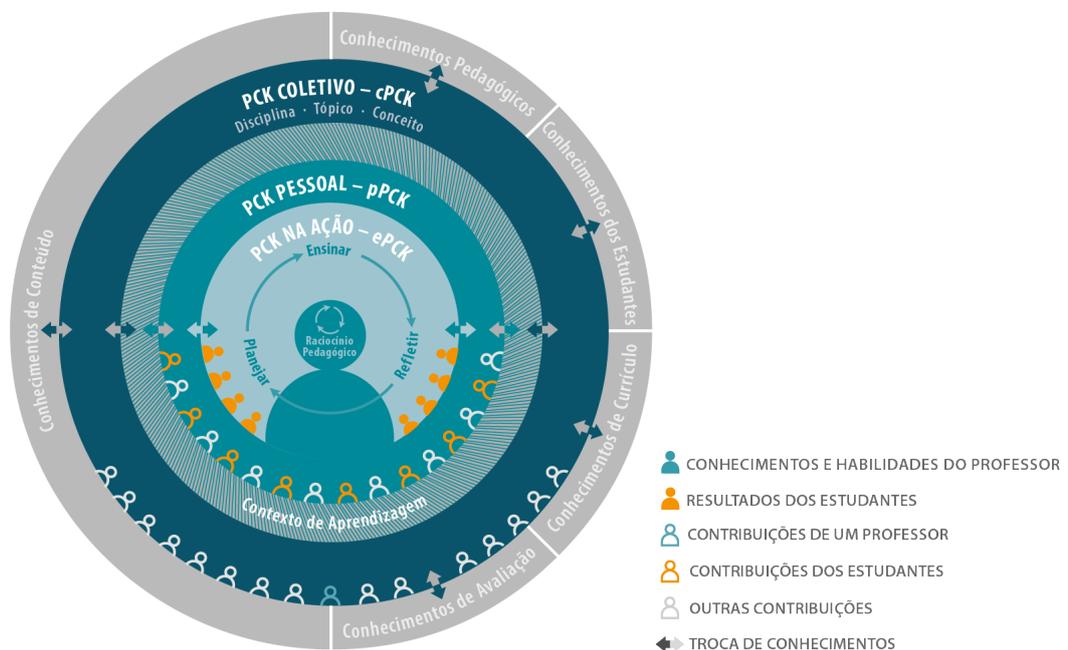
Cooper e van Driel (2019) observam que, desde que Shulman (1986; 1987) propôs modelos de CPD, pesquisadores reuniram evidências extensas e fizeram propostas interessantes sobre os CPD, com foco majoritário nas pesquisas sobre PCK. Algumas dessas pesquisas tiveram grande importância para: o melhor conhecimento do campo; uma melhor compreensão sobre o que professores de Ciências sabem e fazem; e insurgência de novos modelos para os CPD (por exemplo, GESS-NEWSOME, 2015; MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999; MAVHUNGA; ROLLNICK, 2013; PARK; OLIVER, 2008) que contribuiriam, sobremaneira, para avanços da própria compreensão da Educação em Ciências.

A seguir, apresentamos o modelo de PCK que adotamos nesta como referencial teórico e ferramenta analítica: o *Modelo Consensual Refinado* (RCM)¹³ (CARLSON; DAEHLER, 2019). Além disso, também apontamos algumas contribuições de outros modelos para os PCK que foram apresentados na literatura sem focar seus detalhes, uma vez que eles não fazem parte do escopo deste trabalho, mas salientando influências que tiveram na produção do RCM.

2.5.4 Modelo Consensual Refinado (RCM) para PCK

O RCM (figura 2.2), foi apresentado por Janet Carlson e Kristen Daehler no capítulo 2, *The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education*, publicado no livro *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (HUME; COOPER; BOROWSKI, 2019). Este livro foi um dos produtos da 2ª Cúpula PCK, reunião que contou com a participação de pesquisadores em PCK que discutiram o constructo especificamente no contexto de Educação em Ciências (COOPER; VAN DRIEL, 2019).

Figura 2.2 Representação do Modelo Consensual Refinado de PCK



Fonte: Traduzido de Carlson e Daehler, 2019, p. 83.

¹³ Assim como ocorreu com algumas siglas usadas nesta Tese, optamos por utilizar a sigla RCM para o *Refined Consensus Model*, tendo em vista seu uso na literatura internacional e nacional.

Um dos principais pontos de interesse dos pesquisadores participantes da 2ª Cúpula PCK era a necessidade de discutir os modelos de PCK existentes na literatura, principalmente o modelo originado da primeira *Cúpula PCK*: o modelo *Conhecimentos e Habilidades Profissionais do Professor (TPK&S)*¹⁴ apresentado por Julie Gess-Newsome (2015) e atualmente chamado de *Modelo Consensual (CM)* de PCK que, na visão dos integrantes da 2ª Cúpula, precisava ser modificado.

Por exemplo, os pesquisadores da 2ª Cúpula PCK constataram: a necessidade de abordar as preocupações que foram levantadas e discutidas até então por pesquisadores em Educação em Ciências que investigavam os PCK; e limitações dos modelos anteriores que apontavam para a necessidade de elaboração de um modelo mais abrangente. Outro ponto de destaque é que, na 2ª Cúpula, foi consensual a necessidade de apresentar uma representação gráfica de PCK mais coerente com processos de ensino que ocorrem em salas de aula de Ciências (HUME; COOPER; BOROWSKI, 2019), isto é, de a representação gráfica não passar uma impressão de PCK desfragmentados e não ter pouco poder explicativo (CARLSON; DAEHLER, 2019).

O RCM é um modelo de PCK centrado em práticas para o ensino de Ciências. O primeiro modelo apresentado na literatura da área de Educação em Ciências com este propósito foi o proposto por Shirley Magnusson, Joseph Krajcik e Hilda Borko em 1999. Esses autores consideram uma estrutura organizacional, até então não existente, para os CPD e a influência dos diferentes propósitos nas escolhas de estratégias de ensino no âmbito dos PCK. Além disso, incluíram no modelo aspectos sobre orientações para o ensino em termos de descoberta, mudança conceitual, procedimentos, didática e investigação (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999). Chan, Rollnick e Gess-Newsome (2019) salientam que, como a maioria das pesquisas existentes sobre estudos de PCK se baseou no modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), este forneceu um bom ponto de partida para os especialistas pensarem em uma visão consensual e compartilhada sobre os principais componentes dos PCK para o ensino de Ciências, tal qual fizeram os participantes da 2ª Cúpula PCK.

Diferentemente de modelos para PCK anteriores (por exemplo, GESS-NEWSOME, 2015; PARK; OLIVER, 2008; MAVHUNGA; ROLLNICK, 2013), que tinham como objetivo dar suporte à formação de professores de Ciências, o RCM busca descrever como, ao longo da

¹⁴ Optamos por utilizar a sigla em inglês do termo *Teacher Professional Knowledge and Skill (TPK&S)* devido à sua ampla utilização na literatura internacional e nacional, ao invés da sigla que remeta ao termo em português.

jornada profissional de um professor de Ciências, seus PCK são informados e se modificam em contextos de práticas de ensino e como os sujeitos envolvidos nos processos influenciam esses PCK. Isto é feito considerando-se complexas camadas (ou níveis) de conhecimento e experiências e suas relações com os resultados de estudantes e com o envolvimento com eles, com outros professores, com pesquisadores etc. Segundo Carlson e Daehler, uma das principais motivações para a proposição do RCM, como um novo modelo, foi “fornecer aos pesquisadores um meio de situar os estudos de aprendizagem de estudantes em Ciências, em relação aos PCK, concentrando-se em professores e nas salas de aula” (2019, p. 79). Além disso, buscou-se oferecer a formadores de professores de Ciências um meio de situar teorias sobre o desenvolvimento dos PCK em diferentes esferas educacionais.

Carlson e Daehler (2019) explicam que a representação do modelo (figura 2.2) em camadas concêntricas para os três domínios distintos de PCK – *PCK na ação* (ePCK), *PCK pessoal* (pPCK) e *PCK coletivo* (cPCK)¹⁵ – buscou considerar o núcleo da competência profissional de professores de Ciências e suas relações com as bases de conhecimentos e os contextos de aprendizagem. Esse modo de representação ressalta a dimensão de interrelação, entre os diferentes níveis dos PCK, contexto e bases mais gerais de conhecimentos, diferentemente do CM que apresentava os CPD em “caixinhas”. Isto fazia com que pesquisadores adotassem o CM como modelo ao investigar CPD de professores de Ciências desfragmentando-os uns dos outros e apresentando poucas relações entre eles. Para reforçar as interrelações entre os CPD, setas duplas foram incluídas entre as camadas representando filtros e amplificadores¹⁶ (tais como crenças do professor, identidade docente, motivações, orientações, contextos específicos de ensino, conhecimentos prévios dos estudantes etc.) (MAVHUNGA; ROLLNICK, 2013; CARLSON; DAEHLER, 2019). Tais setas medeiam os PCK e informam as trocas entre seus três domínios e destes com as bases mais gerais de CPD

¹⁵ A sigla ePCK deriva do termo *enacted PCK* (CARLSON; DAEHLER, 2019). A tradução que consideramos mais apropriada para o termo *enacted*, em português, é *no ato de ensinar* ou *na ação* (em sala de aula), mesmo tendo consciência de que *enacted* tem um significado um pouco mais amplo do que estes.

¹⁶ Influências das crenças docentes, por exemplo, nos PCK foram originadas do modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), que propuseram que os PCK são influenciados por fatores (tais quais as crenças sobre conteúdos, pedagogia e contextos, incluindo dos estudantes). Porém, as setas duplas conectando os CPD ganharam destaque pela primeira vez no modelo TPK&S, no qual Gess-Newsome (2015) explica que características pessoais de professores de Ciências contribuem para seus conhecimentos, habilidades e práticas de ensino.

à medida que professores de Ciências se tornam mais experientes (SORGE; STENDER; NEUMANN, 2019).

Além disto, ícones de sujeitos são representados no modelo indicando (em termos gerais) como e onde eles podem influenciar os CPD de professores, aspectos até então não considerados em modelos de CPD anteriores. Por esses e outros fatores (explicitados ao longo da discussão de nossos resultados), consideramos o RCM um modelo de PCK em potencial porque esta relação de interdependência entre os conhecimentos é considerada no próprio modelo pelas camadas concêntricas e pelas setas duplas indicando que a manifestação de diferentes CPD ocorre dinamicamente e em diferentes sentidos. Isto reforça a ideia de que os CPD devem ser compreendidos para além de um aspecto cognitivo (algo da mente dos professores), visto que a manifestação dos mesmos é situada em contextos socioculturais de ensino.

2.5.4.1 PCK na Ação (ePCK)

Carlson e Daehler (2019) explicam que os ePCK se referem aos conhecimentos e habilidades utilizados na ação docente no ato de ensinar Ciências, sendo desenvolvidos de modo particular por cada professor durante a prática de ensino de disciplinas, tópicos e conceitos específicos e em situações específicas. Representados na camada mais interna do RCM os ePCK constituem um ciclo de *raciocínio pedagógico* de uma lição caracterizados: no planejamento, no ato de ensinar e na reflexão. Este ciclo já havia sido caracterizado por Soonhye Park e J. Steve Oliver em 2008, ao proporem o modelo de pentágono para PCK. Nele, cujas estruturas conceitual e analítica são representadas em um pentágono, os vértices são definidos por Bases Gerais dos conhecimentos docentes e os PCK são situados no centro. Esses PCK são constituídos por ciclos pedagógicos de integração de conhecimentos gerais, assim como por reflexão *na* ação e por reflexão *sobre* a ação realizada, aspectos representados no interior do pentágono por setas duplas indicando dinamicidade (PARK; OLIVER, 2008).

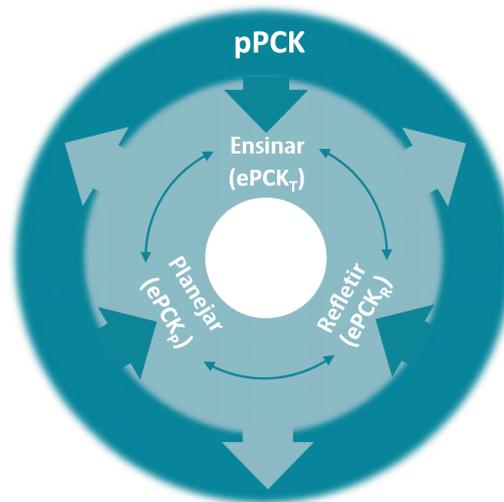
Para a consideração do ciclo de raciocínio pedagógico no RCM, os pesquisadores também se apoiaram em ideias surgidas na 1ª Cúpula PCK, em 2015, que explicitavam dois espaços de tempo identificados, para além daquele que envolve o ato de ensinar, em que os PCK são empregados com consequências importantes: (i) no planejamento, ou seja, os PCK podem ser empregados por professores ao planejar (algo inédito até então); e (ii) nos momentos de reflexões acerca de suas decisões instrucionais, seja nos planejamentos seja nas ações (GESS-NEWSOME, 2015). Por isso, o domínio ePCK contempla o *planejar*, o *ensinar* e o

refletir, sinalizando o subconjunto exclusivo de conhecimentos e habilidades específicas que um professor de Ciências utiliza em um ciclo de raciocínio pedagógico de uma ação, atividade, aula etc. Isso, segundo Carlson e Daehler (2019), reflete o contexto da escola, da sala de aula e de cada estudante em interação com o professor mobilizando seus CPD e habilidades pedagógicas para ensinar Ciências. Portanto, as autoras consideram como característica fundamental dos ePCK o fato de a ação docente ser mobilizada para suprir necessidades exclusivas dos estudantes em um contexto delimitado de sala de aula e em determinado momento, visando atingir um objetivo específico. Para isso, o professor deve planejar, ensinar e refletir regularmente, o que se expressa na escolha de estratégias de ensino específicas e representações instrucionais em situações particulares.

Alonzo, Berry e Nilsson (2019) discutem algo importante, com o qual concordamos, sobre os ePCK serem gerados na ação docente, mas não significando que eles surgem do nada. Estas autoras esclarecem que todos os CPD de professores de Ciências, experiências de ensino e aprendizagem vivenciadas anteriormente, assim como situações de sala de aula que se assemelham àquela sob análise, podem ser constituintes dos ePCK. Segundo Henze e Barendsen (2019), isso indica que os ePCK são uma “parte” daquilo que um professor já sabe ou experienciou, ou seja, que faz parte de seus PCK pessoal (pPCK), que é “ativada” no momento da ação. Porém, entendemos que pode haver momentos em que ocorram situações de ensino totalmente inéditas para um professor que podem originar ePCK inéditos para ele. Caso isto aconteça, este tipo de PCK fará parte dos pPCK do professor, tal como a alimentação de um banco de dados com dados inéditos advindos de alguma prática experienciada pela primeira vez. Assim, o RCM considera os PCK um construto dinâmico que não tem um sentido exclusivo de influências, ou seja, pode ocorrer no sentido das bordas para o centro da representação, e também, do centro para as bordas.

Para Carlson e Daehler, em tese, a tomada de decisão sobre o que fazer no ensino envolve passar por um ciclo de reflexões e sugere uma via de mão dupla entre o que o professor sabe ou já experienciou e o que o professor faz ou está experienciando (CARLSON; DAEHLER, 2019). Alonzo, Berry e Nilsson (2019) interpretam essas considerações e ampliam o modo de compreender os ePCK de um professor a partir do movimento de realização de ações, não apenas ao efetivar diretamente a instrução junto aos estudantes, mas também ao planejar a instrução e refletir nela e sobre ela. A partir disso, estas autoras distinguem três formas de ePCK que se relacionam no ciclo de raciocínio pedagógico: $ePCK_P$ (para planejamento), $ePCK_T$ (para ensino); e $ePCK_R$ (para reflexão), como representado na Figura 2.3.

Figura 2.3 Relações entre as formas dos ePCK e entre os ePCK e os pPCK



Fonte: Traduzido de Alonzo, Berry e Nilsson (2019, p. 275).

Nesta representação, as setas azuis mais escuras apontadas para o centro indicam que os pPCK influenciam e se transformam nos ePCK. Por outro lado, a influência e transformação dos ePCK nos pPCK ocorre a partir de cada ciclo planejar-ensinar-refletir, ou seja, de conhecimentos manifestados no planejamento, ensino e reflexão futuros (o que é indicado na Figura 2.3 pelas setas azuis mais claras). Nas palavras de Alonzo, Berry e Nilsson (2019):

Essa transformação ocorre principalmente por meio da reflexão em um episódio de ensino de Ciências, ou sobre ele, à medida que a intuição e as experiências se tornam parte de conhecimentos futuros que podem ser explicitamente utilizados no ciclo de planejamento, ensino e reflexão. Por exemplo, um professor pode reconhecer uma dificuldade de aprendizado de um estudante durante a aula e depois se basear explicitamente nessa experiência para informar o ensino futuro. Os ePCK também podem ser transformados diretamente em pPCK em um processo subconsciente do professor (p. 275).

Além disto, as autoras modificam a representação do ciclo pedagógico proposto no RCM que considerava o relacionamento entre os ePCK em um único sentido (ver Figura 2.2) indicando o relacionamento entre eles (figura 2.3) por setas duplas bidirecionais. Isto denota que o ciclo de raciocínio pedagógico não acontece exclusivamente no sentido planejar, ensinar e refletir, mas que é não linear e dinâmico, podendo iniciar em qualquer uma dessas ações.

Alonzo, Berry e Nilsson (2019) explicam que os ePCK_T refletem os PCK mobilizados por professores de Ciências no momento da ação. Eles se configuram, por exemplo, quando professores respondem aos estudantes, dão *feedbacks*, explicam, demonstram etc. no ato de ensinar sem, portanto, articular o raciocínio que sustenta essas decisões. De outro modo, os

ePCK_P se manifestam quando o professor de Ciências planeja determinada situação de sala de aula, pautando-se, por exemplo, em outros CPD, em suas concepções ou crenças de ensino. Por sua vez, os ePCK_R são mobilizados a partir de reflexões vinculadas a elementos específicos (situações, estudantes, falas), como quando alguma atividade não acontece como esperado ou como quando o professor “percebe” alguma situação na qual o contexto de ensino pode ser melhor explorado no momento de manifestação dos ePCK_T ou ePCK_P. Além disso, durante uma etapa de reflexão, um professor pode se basear na experiência vivenciada no domínio da prática para aprimorar ou refinar seus pPCK.

Duas considerações importantes sobre os ePCK são feitas pelas autoras: (i) que talvez eles sejam o domínio mais dinâmico dos CPD do professor porque sofrem influências diretas de todos os seus CPD e porque traduzem suas ações no ensino de Ciências; e (ii) que qualquer tomada de decisão em sala de aula envolve passar por um ou mais ciclos de reflexões, resultando em mudanças nos pPCK que estão “em uso” naquele momento, ou seja, há troca de conhecimentos de volta ao domínio dos pPCK (ALONZO; BERRY; NILSSON, 2019).

2.5.4.2 PCK Pessoais (pPCK)

Carlson e Daehler (2019) definem os PCK pessoais (pPCK) como o conjunto cumulativo e dinâmico de conhecimentos e habilidades de conteúdo pedagógico de um professor que é construído a partir de suas experiências (por exemplo, na educação formal ou experiências de ensino) adquiridas com outros colegas, pesquisadores, cientistas, especialistas; a partir da leitura de artigos, participação em cursos etc.; bem como a partir de experiências com todos os estudantes para os quais já ensinou.

Henze e Barendsen (2019) consideram que podemos refinar a noção de pPCK observando o processo de uso e transformação de conhecimentos durante as etapas de planejamento e reflexão da prática de ensino. Segundo os autores, ao preparar uma aula, um professor pode, por exemplo, utilizar seus pPCK para selecionar um aspecto específico de seus conhecimentos (metas, respostas de estudantes, orientações instrucionais ou métodos avaliativos) para conduzi-la. Por outro lado, ao refletir sobre uma instrução, uma comparação com alguma situação vivenciada ou estudada pelo professor pode ser feita. Ambas as situações podem se pautar em experiências anteriores e, com isso, os pPCK se tornam ativos durante a ocorrência efetiva da atividade planejada ou refletida naquele momento.

No RCM, é considerado que os pPCK se tornam ePCK quando professores acessam e utilizam aspectos do domínio maior nas ações docentes. Em contrapartida, o que é mobilizado

na ação docente (ePCK) passa a informar e integrar os pPCK. Este processo bidirecional de influências e transformações é representado no modelo pelas setas duplas (figura 2.2) entre os pPCK e os ePCK e reforçado na representação de setas entre esses domínios de PCK na figura 2.3. Tais setas também são representadas na interseção entre os pPCK e o contexto de aprendizagem (de estudantes) no qual um professor atua. Diante disso, mesmo professores com experiências semelhantes poderão ter atitudes e crenças diferentes que podem atuar para amplificar e/ou filtrar o que cada um deles adquire ou mobiliza na experiência, o que garante a idiosincrasia do domínio para cada um deles. A partir dessa consideração, destacamos que as crenças de professores se relacionam aos amplificadores e filtros que podem emergir na manifestação de seus CPD. Contudo, é preciso salientar que entendemos crenças como algo mais amplo do que os filtros e amplificadores, muitas vezes exercendo influências nestes.

2.5.4.3 *Contextos de Aprendizagem*

Outro elemento que tem destaque no RCM é o denominado *contextos de aprendizagem*, primeiramente considerados por Shulman (1987) como uma base de conhecimentos de contextos educacionais. Carlson e Daehler (2019) ampliam as considerações de Shulman ao afirmarem que o aprendizado em Ciências é situado em um espaço e tempo e é definido por diversos fatores, tais como níveis mais gerais (como políticas educacionais), ambientes de ensino e aprendizagem (espaços formais e não formais de ensino) e características pessoais de estudantes (por exemplo, classe social e prontidão para a aprendizagem em Ciências).

Na representação do RCM, esse elemento dos CPD não é considerado uma base de conhecimentos, mas sim um filtro ou amplificador, simbolizado por uma camada representada entre os pPCK e os cPCK (domínio mais amplo dos PCK), isto é, em um espaço e tempo cujo significado remete a um contexto que serve para ampliar ou filtrar os conhecimentos e habilidades de cada professor e para mediar as ações desses professores.

Um de nossos questionamentos iniciais ao nos depararmos com a representação do RCM foi o porquê de o contexto de aprendizagem estar situado entre os pPCK e os cPCK. Isto porque acreditávamos que o contexto, de um modo geral, permeia qualquer situação na qual os CPD estejam sendo manifestados por professores ou estejam influenciando sua prática. Por exemplo, provavelmente, as Bases Gerais foram aprendidas em contextos de ensino e aprendizagem de professores e os cPCK colaborativamente com outros sujeitos. Contudo, à medida que nossos estudos foram avançando, entendemos que o contexto de aprendizagem (dos estudantes) faz sentido no local onde foi representado pelas autoras pois se situa no contexto da

prática, ou seja, em situações nas quais os pPCK do professor influenciam ou se transformam em ePCK à medida em que eles realizam ações (e o contrário também segue a mesma premissa). Assim, concordamos com a inserção do contexto de aprendizagem entre os cPCK e os pPCK, visto que eles informam e são informados por contextos de aprendizagem de estudantes conduzidos por professores. Esta nos parece uma explicação plausível para a afirmação de que

Este círculo [que representa o contexto de aprendizagem] também demonstra como é essencial que professores tenham um conhecimento aprofundado do contexto de aprendizagem no qual ensinam, incluindo conhecimentos de contextos distantes e mais próximos de seus estudantes (CARLSON; DAEHLER, 2019, p. 87).

Por exemplo, Carlson e Daehler (2019) apontam a influência de elementos do contexto da aprendizagem (tais como: a natureza das interações que se estabelecem entre professor e estudantes; os resultados pretendidos no processo; materiais curriculares utilizados, quaisquer espaços de ensino e aprendizagem etc.) nas ações de professores junto a estudantes específicos, com suas especificidades (nas quais os pPCK são transformados em ePCK). Nessa conjuntura, os atributos dos estudantes (como idade, nível de escolaridade, experiências anteriores, etc.) como características essenciais de um dado contexto de aprendizagem, sendo apontados como aspectos de maior influência no raciocínio pedagógico de professores.

2.5.4.4 PCK Coletivos (cPCK)

Carlson e Daehler (2019) consideram os cPCK como uma forma de PCK que combina as próprias contribuições de um professor aos conhecimentos compartilhados por pesquisadores de Ciências (simbolizados por ícones representando pessoas no RCM); a outras bases de CPD; e às múltiplas experiências adquiridas sobre determinados conteúdos em uma espécie de “amálgama” (p. 88). Segundo as autoras, este é o domínio de PCK mais reconhecido na literatura e é aquele compartilhado por mais de uma pessoa (não privado), ou seja, é mantido coletivamente (por exemplo, quando uma sequência de ensino é desenvolvida com a colaboração, por exemplo, de professores e pesquisadores de um Grupo de Pesquisa).

Na camada dos cPCK foram representados os níveis de instrução específicos de disciplina-tópico-conceito¹⁷, ideia originalmente apresentada nos trabalhos de Mavhunga e Rollnick (2013). Para estas autoras, a compreensão da natureza específica dos temas dos PCK

¹⁷ Carlson e Daehler (2019) explicam que a notação disciplina-tópico-conceito é omitida nos círculos internos do modelo devido à limitação de espaço.

reside na capacidade de transformar conceitos de um tópico, empacotando-os para o ensino em determinada disciplina, ou seja, existem PCK específicos para cada conceito, tópico ou disciplina das Ciências. Quando mobilizados em sala de aula, os CPD sofrem transformações influenciadas por amplificadores e filtros.

2.5.4.5 Bases Gerais de CPD

A camada mais externa do RCM foi reservada para representar os diferentes aspectos das bases mais gerais de CPD: CK, Conhecimentos pedagógicos, Conhecimentos de estudantes, Conhecimentos de currículo e Conhecimentos de avaliação. Essas bases foram mantidas tais quais foram apresentadas no modelo TPK&S (GESS-NEWSOME, 2015, p. 32) sendo que:

- CK são os conhecimentos de conteúdos acadêmicos de uma disciplina que incluem as práticas de Ciências usadas para gerar conhecimentos em salas de aula, ideias centrais disciplinares e reconhecimento de conceitos transversais;
- Conhecimentos pedagógicos incluem estratégias gerais para gerenciamento de salas de aula (por exemplo, técnicas de questionamento, estratégias instrucionais para apoiar a diferenciação com base nas necessidades de estudantes ou na elaboração de planos de aula) buscando ensinar conteúdos e envolver os estudantes nessas estratégias;
- Conhecimentos dos estudantes abrangem conhecimentos sobre o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, suas características gerais e variações em suas abordagens para aprender;
- Conhecimentos de currículo podem incluir os objetivos de um currículo, estruturas curriculares, os papéis de um planejamento ou sequenciamento de aulas, estratégias de ensino e atividades, assim como a capacidade de avaliar um currículo quanto à coerência e articulação; e
- Conhecimentos de avaliação podem incluir conhecimentos do *design* e uso de avaliações formativas e somativas e como usar os resultados dessas avaliações para projetar ou modificar instruções.

Gess-Newsome (2015) explica que essas Bases Gerais são frequentemente desenvolvidas por meio de rotas mais formais, como em programas de formação de professores e, depois, são fortalecidas a partir das experiências adquiridas na profissão. De um modo geral, Carlson e Daehler consideram que elas definem o significado de ensinar porque

professores precisam entender as possibilidades de desenvolvimento de seus estudantes, a natureza do currículo, a natureza de diferentes tipos de avaliação

e uma variedade de habilidades e estratégias pedagógicas que lhes permitam alcançar efetivamente cada estudante. Esses conhecimentos educacionais são genéricos e não estão conectados a uma disciplina específica (2019, p. 91).

Com a integração das bases de CPD aos PCK, ou transformação dessas bases em PCK, é possível representar, em um mesmo modelo, diferentes domínios de CPD, reconhecendo que essas bases são importantes para os PCK de professores de Ciências. Por isso, concordamos com Carlson e Daehler (2019) quando elas afirmam que essa compreensão sobre como bases mais gerais de CPD se relacionam aos PCK, somada à visualização da relação bidirecional entre eles, é uma vantagem do RCM frente a outros modelos de PCK.

Também concordamos com Park (2019) quando ela considera: (i) o RCM como um modelo de PCK promissor para discutir aspectos gerais relacionados a um enfoque nos ePCK, quais fontes de dados permitem isso e como dados devem ser analisados em pesquisas que reconheçam os ePCK e/ou os pPCK de um indivíduo sem perder a confiabilidade e a validade; e (ii) que a natureza representacional dinâmica do RCM evidencia uma mudança de foco consistente que parte de uma visão sobre “o que são os PCK para o desenvolvimento dos PCK” (2019, p. 124). Isso nos faz considerar que o RCM é uma ferramenta importante para fomentar caminhos promissores para investigar como os PCK podem ser ampla e dinamicamente caracterizados, ou seja, para dar suporte a uma mudança pragmática de uma visão descritiva e estática desses PCK para uma visão processual de constituição desses PCK. Para isso, é importante conhecer melhor como a área de Educação em Ciências explora o constructo PCK no contexto educacional e como ele é explorado no contexto de Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM), aspectos essenciais para as discussões que realizamos.

2.6 Uma Importante Revisão de Pesquisas sobre PCK de Professores de Ciências

Em 2019, Kennedy Chan e Anne Hume publicaram uma revisão sistemática da literatura em Educação em Ciências buscando identificar modos como os PCK de professores de Ciências vem sendo investigados. Para isso, os autores se concentraram em publicações em periódicos revisados por pares das áreas de Educação em Ciências e Formação de Professores em Ciências desde 2008 até final de 2017. Utilizando alguns critérios pré-estabelecidos, eles produziram um banco de dados com publicações selecionadas, resultando em um total de 99 artigos, lidos e analisados em detalhes. Os critérios de análise incluíram a caracterização de: (i) contextos da pesquisa; (ii) principais focos de investigação do estudo; (iii) conceituação de PCK no estudo;

(iv) tipos de fonte de dados usados pelos pesquisadores para investigar os PCK dos professores; e (v) abordagens usadas pelos pesquisadores para determinar os PCK desses professores.

A análise dos artigos selecionados produziu resultados que fornecem uma dimensão consistente sobre os PCK na área de Educação em Ciências. Um desses resultados foi a constatação de duas abordagens utilizadas por pesquisadores para caracterizar os PCK de professores de Ciências. Na primeira abordagem, as pesquisas ocorreram a partir da aplicação de questionários; entrevistas; e autorrelato de práticas reais. Na segunda abordagem, as pesquisas se pautaram na análise de desempenho docente em tarefas de ensino, sendo que, a quase totalidade delas analisou também as tomadas de decisão dos professores de Ciências. Entretanto, em poucas pesquisas, os PCK foram estudados em algum contexto regular de ensino (em contrapartida à predominância de situações simuladas) (CHAN; HUME, 2019). Segundo os autores, essas abordagens permitiram a investigação de diferentes formas de PCK, salientando aspectos sobre o que professores sabem, fazem, e razões para suas ações.

Por outro lado, essa diversidade de modos de identificar os PCK levou os autores a apontar alguns problemas emergentes. Primeiro, é necessário manter o foco na abordagem adotada para determinar os PCK de professores, visto que diferentes modos como os mesmos PCK são identificados podem gerar resultados bastante distintos. Por isso, os autores consideraram preocupante o fato de que poucos pesquisadores tenham explicitado os referenciais teóricos para PCK que estavam utilizando nas investigações. Segundo, foi pouco observada a distinção entre os PCK em diferentes fases do raciocínio (planejar, ensinar e refletir), algo preocupante para Chan e Hume (2019) porque tais fases se traduzem em ações para o ensino e constituem as práticas nesse contexto. Terceiro, causou preocupação entre os autores o fato de que, na maioria dos casos, gerava-se um único perfil de PCK para os professores, assumindo que tal perfil se associava a diferentes fases do ciclo de ensino do mesmo modo para todos os investigados. Por fim, outro problema se relaciona ao fato de que todos os estudos existentes que envolveram mais de 50 investigados se basearam em um único método de coleta de dados para determinar os PCK dos professores, como questionário ou entrevista. Chan e Hume (2019) consideram que isso resulta em investigações limitadas dos PCK, sem garantia de que os conhecimentos representados nesses métodos únicos sejam aplicados às tarefas de ensino ou acessados nas práticas de ensino em salas de aula.

De um modo geral, os autores sugerem que estudos futuros busquem: tornar mais explícita a conceituação de PCK adotada, as formas de PCK investigadas e as partes do ciclo de raciocínio pedagógico; usar fontes de coleta de dados variadas; e descrever mais

detalhadamente as fontes de coleta de dados e abordagens teóricas, orientadoras e analíticas utilizadas na construção das pesquisas.

A revisão de Chan e Hume (2019), uma das mais recentes sobre pesquisas envolvendo PCK de professores de Ciências, trouxe luzes para nossa compreensão de como a forma como pensamos e organizamos esta pesquisa está coerente com as indicações dos autores para o avanço do campo de pesquisa sobre PCK (e outros CPD) na Educação em Ciências. Por isto, buscamos desenvolver uma metodologia de pesquisa que estivesse condizente com as tendências de pesquisa mais contemporâneas, tais como utilizar diferentes fontes de coleta de dados para investigar os CPD; investigar tanto o que professores de Ciências declaram como o que eles fazem em salas de aula; e utilizar modelos de PCK mais atuais nas investigações.

2.7 Conhecimentos Profissionais Docentes e a Educação Científica Fundamentada em Modelagem

Henze, van Driel e Verloop (2008) afirmam que, embora os CPD tenham sido objeto de pesquisa desde a década de 1980, pouca atenção foi dada a investigações sobre eles em contexto de práticas científicas mais contemporâneas. Isto se tornou proeminente a partir da revisão da literatura em Educação em Ciências que realizamos buscando estudos sobre os CPD manifestados por professores em contextos de Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM). Nesta revisão, encontramos poucos estudos que abordavam os *CPD sobre modelos e modelagem* de professores, algo já evidenciado por alguns pesquisadores da área (por exemplo, GILBERT; JUSTI, 2016; HENZE; VAN DRIEL; VERLOOP, 2008; NICOLAOU; CONSTANTINOU, 2014). Isso pode estar relacionado à pouca e recente utilização da ECFM como uma perspectiva de ensino nas aulas (GILBERT; JUSTI, 2016) o que, para alguns pesquisadores (VAN DRIEL; VERLOOP; DE VOS, 1998; VAN DRIEL; VERLOOP, 1999; KHAN, 2011) é algo surpreendente, visto o corpo de evidências empíricas de suas contribuições para o ensino de Ciências (GILBERT; JUSTI, 2016; KHAN, 2011).

Khan (2011) considera que essa escassez também pode estar relacionada à pouca atenção dada à natureza da modelagem nos cursos de graduação em Ciências e à ECFM nos cursos de formação de professores, o que resulta na pouca familiaridade de professores atuantes nas escolas com essa perspectiva de ensino. Isso parece se refletir, por exemplo, nos resultados encontrados na maioria dos trabalhos de que a base de CPD sobre modelos e modelagem de professores é, em geral, limitada, pouco integrada, inadequada e/ou inconsistente (GILBERT; JUSTI, 2016; HARRISON, 2001; HENZE; VAN DRIEL; VERLOOP, 2007; JUSTI;

GILBERT, 2002a; 2002b; JUSTI; VAN DRIEL, 2005; 2006; KRELL *et al.*, 2019; MAIA; JUSTI, 2017; SCHWARZ; MEYER; SHARMA, 2007; VAN DRIEL; VERLOOP, 1999; 2002; WINDSCHITL; THOMPSON, 2006).

Diante desses cenários, Krell e colaboradores (2019) e Nicolaou e Constantinou (2014) afirmam ser necessário que mais professores de Ciências conheçam e se envolvam na promoção da ECFM para permitir investigações sobre como esses professores conduzem os processos de ensino nesse contexto. Contudo, além do pouco uso de atividades para a promoção da ECFM no ensino de Ciências, Nicolaou e Constantinou (2014) ressaltam ainda que há poucas abordagens teóricas e analíticas coerentes para se avaliar os CPD sobre modelos e modelagem e as habilidades de modelagem desses professores.

Gilbert e Justi (2016) defendem que para se ter sucesso na ECFM professores de Ciências devem manifestar CPD específicos e habilidades, principalmente aquelas relacionadas aos CK e PCK sobre modelos e modelagem. Talvez, esta seja uma das justificativas para o predomínio do foco de pesquisadores nesses dois tipos de CPD. Nos subtópicos a seguir descrevemos como CK, Conhecimentos de currículo e PCK sobre modelos e modelagem têm sido caracterizados na Educação em Ciências.

2.7.1 CK na ECFM

Pesquisadores afirmam que, apesar do papel central de modelos nas Ciências, professores de Ciências ainda não compreendem bem a natureza e a função deles nesses contextos (MAIA; JUSTI, 2017; NELSON; DAVIS, 2012; WINDSCHITL; THOMPSON, 2006; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008b). Por exemplo, Nelson e Davis (2012) afirmam que isso pode ser resultado da baixa confiança de professores em seus CK sobre modelos e modelagem e da falta de familiaridade com pedagogias científicas orientadas para a investigação na ECFM.

Maia e Justi (2017) consideram que esses são alguns dos desafios para professores recém-formados, uma vez que muito do que eles aprendem sobre modelos e investigação científica advém de atividades nas quais pouco se discute sobre o papel dos modelos e da modelagem na construção de conhecimentos científicos. Por isso, essas autoras consideram que tanto os cursos de formação de professores quanto os anos iniciais da atuação profissional docente são contextos em potencial para desafiar a compreensão de professores sobre a natureza de modelos científicos e os papéis que eles desempenham no avanço da Ciência. Windschitl e Thompson também afirmam que

estudos sobre como professores falam sobre modelos revelam equívocos consistentes e sugerem que essas ideias permanecem em grande parte indiferentes às intervenções instrucionais. Professores pensam em modelos como apoio pedagógico, mas geralmente não reconhecem o papel crucial de modelos ao pensar teoricamente ou orientar a produção de novos conhecimentos (2006, p. 790).

A caracterização de CK sobre modelos e modelagem na Educação em Ciências tem sido feita analisando-se os principais aspectos sobre modelos identificados nas ideias gerais de professores, ou seja, pautando-se no que eles pensam, nas suas visões e percepções (GILBERT; JUSTI, 2016). Contudo, em um dos primeiros estudos sobre o tema, Justi e Gilbert (2002a) consideram que os CK sobre modelos e modelagem incluem (i) os conhecimentos sobre modelos: o que é um modelo, o uso que pode ser feito dele, as entidades que o constituem e sua estabilidade no tempo; e (ii) os conhecimentos sobre o processo de modelagem: etapas a serem seguidas na modelagem e fatores que interferem nelas.

Detalhando o primeiro aspectos apontado por Justi e Gilbert (2002a), esses mesmos autores identificam sete aspectos dos CK sobre modelos e modelagem: a natureza de um modelo; como ele pode ser usado; as entidades que o constituem; sua relativa singularidade; a possibilidade de ele ser modificado ao longo do tempo; seu poder preditivo; e a base para o credenciamento de sua existência e de seu uso (JUSTI; GILBERT, 2003). Tais compreensões têm sido apontadas como um importante aspecto dos CPD sobre modelos e modelagem de professores de Ciências por influenciar o emprego e a elaboração e condução de práticas para a ECFM (JUSTI; VAN DRIEL, 2005; MAIA; JUSTI, 2017; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008b).

Tay e Yeo (2018) salientam que mesmo professores especialistas ou que têm formação na ECFM, enfrentam desafios para promover o ensino pautado nesta perspectiva de ensino. Kind e Osborne (2017) destacam que, na maioria das vezes em que isto acontece, professores de Ciências se apoiam em uma abordagem mais tradicional, orientada para a consideração de modelos como representação da realidade e cujo valor representacional é o mais enfatizado. Isso resulta na promoção de uma ECFM voltada para modelos com fins descritivos, ficando a função preditiva dos mesmos em segundo plano, ou mesmo sendo inexistente (GILBERT; JUSTI, 2016; JUSTI; GILBERT 2003; NIELSEN; NIELSEN, 2019; VAN DRIEL; VERLOOP, 1999). Além disso, pesquisadores vêm apontando que a abordagem orientada para os processos de modelagem é raramente adotada e quando ela faz parte das estratégias de ensino, geralmente tem a função de ilustrar ou explicar um fenômeno ou processo, em vez das de comparar, avaliar,

revisar ou elaborar modelos (GILBERT; JUSTI, 2016; KRELL; KRÜGER, 2016; NIELSEN; NIELSEN, 2019).

Para mudar este cenário, Gouvea e Passmore (2017) salientam a necessidade de professores mobilizarem CPD sobre modelos e modelagem para promover a ECFM de estudantes se pautando na exploração de funções epistêmicas de modelos. Sobre isto, Tay e Yeo (2018) indicam ser necessário ampliar a visão de modelos e de modelagem ou adquirir CK sobre modelos e modelagem, principalmente no que tange a aspectos cognitivos, discursivos e epistemológicos do processo, além de CK, e de conteúdos curriculares em contextos específicos de ECFM. Seguindo o proposto por Gilbert e Justi (2016), Nielsen e Nielsen (2019) salientam que é preciso fundamentar os CK de professores na visão de modelos como artefatos epistêmicos para que a modelagem, processo científico-epistêmico, seja orientada a estudantes de modo reflexivo, visando a investigação, a geração de ideias e a solução de problemas.

2.7.2 Conhecimentos de Currículo na ECFM

Poucos foram os estudos encontrados na literatura em Educação em Ciências que discutiram aspectos dos Conhecimentos de currículo sobre modelos e modelagem de professores. Aqueles que discutiram estes CPD o fizeram de modo generalista e pautados somente em sua definição¹⁸ (BELL; GILBERT, 1996; JUSTI; VAN DRIEL, 2005; 2006; GILBERT; JUSTI, 2016).

Bell e Gilbert (1996), assim como Gilbert e Justi (2016), consideram que esse tipo de conhecimento exige que o professor reconheça o papel da ECFM no currículo de Ciências, a natureza das estratégias adotadas para a promoção da ECFM e a competência técnica na avaliação formativa e somativa. Por sua vez, Justi e van Driel (2005; 2006) afirmam que os conhecimentos de currículo sobre modelos e modelagem denotam quando, como e porquê a ideia geral de modelos deve ser introduzida por professores de Ciências em suas aulas.

2.7.3 PCK na ECFM

Não é recente o reconhecimento da importância de o professor de Ciências promover a ECFM. Por exemplo, na década de 1970, Driver e Easley (1978) investigaram como estudantes

¹⁸ Nenhuma das publicações que abordaram os Conhecimentos de currículo sobre modelos e modelagem às quais tivemos acesso o fizeram empiricamente, ou seja, investigando sua manifestação em práticas de professores de Ciências.

se envolviam na construção de modelos sobre Mecânica Newtoniana a partir de aulas experimentais. Mesmo não sendo os professores de Física os sujeitos investigados pelas autoras, eles são descritos como agentes que proporcionam a condução de ciclos de geração de hipóteses, estabelecimento de relações da produção de modelos com a teoria, testes e proposição de conclusões bem argumentadas.

Há pesquisadores que, em uma perspectiva sociocultural, consideram que a ECFM é promovida a partir de interações entre estudantes, professores e com o uso de recursos de aprendizagem (GILBERT; JUSTI, 2016; MARZABAL *et al.*, 2018) no que se entende como *PCK sobre modelos e modelagem*. Nesse contexto, o professor é responsável por planejar as atividades de modelagem, coordenar e implementá-las no ensino selecionando um repertório de estratégias pedagógicas necessárias para essa implementação. No contexto atual, adicionamos a essa descrição de planejamento e ações promovidas por professores a reflexão nas e sobre as ações (CARLSON; DAEHLER, 2019) de modo a endossar a caracterização de um ciclo de raciocínio pedagógico mais completo sobre a promoção da ECFM.

Com uma visão semelhante, Gilbert e Justi (2016) consideram que, ao planejar e conduzir atividades *de* e *sobre* modelagem, professores

são aqueles que decidem principalmente qual modelo curricular será apresentado aos estudantes; quais modelos de ensino serão usados para ajudar estudantes a entender um determinado modelo curricular; em quais novos contextos estudantes devem tentar usar um determinado modelo; quais objetivos um determinado modelo deve cumprir; em quais modos de representação estudantes devem *expressar* seus modelos; quais experiências serão fornecidas a estudantes na modelagem; e quais perguntas serão feitas a eles para favorecer a *criação*, a realização de *testes* e a *avaliação* de seus modelos. Além disso, professores são aqueles que principalmente motivam estudantes a participar de atividades fundamentadas na modelagem, que fornecem apoio emocional para aqueles que enfrentam dificuldades nessas atividades e que os incentivam a expressar e defender suas ideias (GILBERT; JUSTI, 2016, p. 223-224).

Os PCK sobre modelos e modelagem de professores de Ciências parecem ter sido considerados explicitamente pela primeira vez ao final da década de 1990 por Gilbert, Boulter e Rutherford (1998). Esses autores consideram tais PCK como uma base de CPD que reflete a capacidade de professores em conduzir atividades de modelagem nas aulas, bem como pela compreensão de como estudantes elaboram, expressam e utilizam seus modelos. Em meados dos anos 2000, Justi e van Driel ampliaram essa definição de PCK sobre modelos e modelagem considerando-a como sendo a capacidade de professores em desenvolver boas estratégias de ensino para a ECFM, sua compreensão de como estudantes devem elaborar modelos e de como

conduzir esses processos em salas de aula. Estes autores destacam que os PCK sobre modelos e modelagem podem ser mobilizados, por exemplo, quando professores de Ciências reconhecem: (i) os objetivos da utilização de determinados modelos no ensino; (ii) informações sobre como esses modelos foram produzidos nas Ciências e como essas informações podem ser exploradas no ensino; (iii) como eles podem ser usados no ensino; (iv) como conduzir atividades de modelagem, levando em conta os papéis que podem desempenhar, tais como na comunicação científica promovida junto a estudantes; (v) como experiências anteriores com a ECFM podem contribuir para essa condução; e (vi) os conhecimentos prévios e as ideias de estudantes sobre modelos e modelagem.

Gilbert e Justi (2016) caracterizam os PCK sobre modelos e modelagem em termos de: (i) orientações para o ensino de Ciências usando modelagem, o que inclui (a) conhecimentos sobre os papéis que a ECFM pode desempenhar e (b) diferentes abordagens usadas por professores de modo intencional para a ECFM; (ii) conhecimentos e crenças sobre modelagem no currículo de Ciências, que incluem saber quando, como e porquê incorporar a ECFM em salas de aula; (iii) conhecimentos e crenças sobre estratégias instrucionais que podem ser usadas em contextos de ECFM; (iv) conhecimentos e crenças sobre a compreensão da modelagem pelos estudantes, que incluem saber o que eles entendem sobre modelagem, epistemologia, natureza dos modelos, conceito(s) científico(s); e (v) conhecimentos e crenças sobre avaliação em contextos de ECFM, que se relacionam a como avaliar os conhecimentos, as habilidades adquiridas e o envolvimento dos estudantes na ECFM.

Alguns pesquisadores destacam que, dentre os domínios de CPD sobre modelos e modelagem, os PCK têm sido os mais difíceis de se caracterizar (CAMPBELL *et al.*, 2015; GILBERT; JUSTI, 2016). Isto se reflete, segundo Campbell e colaboradores (2015) no pouco conhecimento sobre como esses CPD se caracterizam nas ações docentes, e sobre as especificidades das instruções pedagógicas na ECFM.

2.8 Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem na Literatura de Educação em Ciências

Como evidenciado anteriormente, a maioria dos estudos que encontramos na literatura sobre Educação em Ciências buscou investigar os CK e os PCK sobre modelos e modelagem. Nesta seção, detalhamos um pouco mais como pesquisadores caracterizaram esses CPD. Para tanto, buscamos apresentar os trabalhos que apresentam essa caracterização em uma ordem

próxima à cronológica, uma vez que isto pode nos dar uma ideia de como os estudos foram se desenvolvendo ao longo do tempo.

Apesar de não explicitarem em qual modelo de CPD se apoiaram, van Driel e Verloop (1999) investigaram os CK sobre modelos e modelagem de professores holandeses experientes, em anos de carreira, de Biologia, Física e Química. Um dos principais resultados desse estudo foi a constatação de que a visão geral (CK) dos professores sobre modelos se aproxima da afirmação de que “modelo é uma representação simplificada ou esquemática da realidade” (VAN DRIEL; VERLOOP, 1999, p. 1146). Além dessa concepção, os dados apontaram que os professores investigados raramente indicaram o poder preditivo¹⁹ dos modelos, em contraponto à ampla referência aos poderes explicativos e descritivos desses modelos.

Em contraste com a investigação anterior, outro estudo foi apresentado por esses autores focado nos CK sobre modelos e modelagem mobilizados por professores na aplicação de atividades envolvendo o uso e a elaboração de modelos (VAN DRIEL; VERLOOP, 2002). Além disso, eles investigaram como professores percebiam o que os estudantes sabiam sobre modelos (Conhecimentos dos estudantes) e quais estratégias avaliativas eles assumiam para avaliar as habilidades dos estudantes em modelagem (Conhecimentos de avaliação). Nessa investigação, eles observaram uma dicotomia em relação ao foco dado no contexto de ECFM porque um subgrupo de professores se concentrava no conteúdo de modelos específicos, aplicando atividades e estratégias de ensino guiadas principalmente por suas experiências prévias com estudantes, enquanto o outro subgrupo prestava mais atenção ao processo de modelagem, à natureza dos modelos e às habilidades de modelagem de seus estudantes. A partir da percepção dos professores, duas categorias (ou dimensões) desses conhecimentos foram criadas: a visão de modelos dos estudantes e as habilidades de modelagem dos estudantes. Partindo de tais categorias, os autores construíram um questionário que foi aplicado a um grupo maior de professores de Biologia, Física e Química, cujos resultados apontaram a mesma dicotomia evidenciada anteriormente. Além disto, os professores que apresentaram a primeira visão usavam relativamente poucas atividades voltadas para a promoção da ECFM. Por outro lado, aqueles com a segunda visão usavam várias estratégias e atividades de ensino nesse domínio. Isso demonstrou que o uso de atividades de ensino para a ECFM se relacionava aos

¹⁹ Segundo os autores, na época da pesquisa, as principais funções reconhecidas na literatura eram a explicativa, descritiva e preditiva (GILBERT; BOULTER; RUTHERFORD, 1998).

tipos de CPD dos professores e suas visões sobre o conhecimento e as habilidades dos estudantes no contexto.

Justi e Gilbert (2002a; 2002b; 2003) se pautaram em Shulman (1987) para investigar os CK sobre modelos e modelagem de professores de Ciências de todos os níveis de ensino (professores em formação, professores de escola básica e de universidade). Justi e Gilbert (2002b) se concentraram nas percepções dos professores participantes sobre a natureza de modelos e sobre os papéis desses modelos no ensino de Ciências (CK) e buscaram discutir quais usos, na teoria e na prática, os professores faziam de modelos e modelagem no ensino de Ciências (PCK). Os autores observaram que os professores consideravam a modelagem: como o ‘uso de modelos’; em suas percepções das relações possíveis entre o que são modelos e como eles podem ser ensinados; focando a produção de modelos científicos em si. Além disso, os autores observaram que 21% dos professores não sabiam o que seus estudantes pensavam sobre a natureza dos modelos e 26% disseram que seus estudantes não compreendiam a natureza dos modelos. Esses resultados apontaram um baixo nível de interesse dos professores na ECFM e pouco conhecimento sobre o fomento da mesma em salas de aulas.

Sobre quais conhecimentos e habilidades uma pessoa deve ter para produzir um modelo científico com sucesso, Justi e Gilbert (2002a) constataram que a maioria dos professores considerava: (i) a modelagem como uma prática realizada exclusivamente por cientistas; e (ii) que um modelo deveria ser o mais completo possível, ou seja, deveria representar todas as facetas de um objeto ou fenômeno. Eles também constataram que a visão dos professores incluía ideias como: as experiências anteriores com o alvo são importantes; quem produz modelos deve ser uma pessoa criativa; e para ter sucesso, tal pessoa também precisa ser persistente. Sobre o aspecto ‘seleção da fonte adequada para o modelo’, os professores apontaram como valioso o uso de analogias. Aspectos relacionados às ‘etapas de modelagem’ a partir da visão dos professores também foram investigadas. Por exemplo, sobre a ‘produção de um modelo mental’, alguns professores afirmaram que o processo de modelagem vivenciado por um cientista era diferente daquele adotado por não-cientistas; outros consideraram ser do mesmo tipo, contudo, diferentes em qualidade; enquanto um terceiro grupo não fez nenhuma distinção explícita entre cientistas e não-cientistas.

Henze, van Driel e Verloop (2007) estudaram CPD sobre modelos e modelagem no contexto de uma mudança curricular na Holanda, com a introdução de um programa amplo voltado para a compreensão pública da Ciência. Apoiados no modelo de CPD de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), os autores investigaram o conteúdo e a estrutura dos PCK, CK e dos

Conhecimentos pedagógicos sobre modelos e modelagem de nove professores de Ciências, três de cada disciplina (Química, Física e Biologia) que estavam sendo introduzidos no novo currículo. Os autores entrevistaram os professores e aplicaram um questionário a eles visando caracterizar seus PCK sobre modelos e modelagem. Ambos os instrumentos de pesquisa focaram em um conceito específico discutido na programação curricular. A partir de análises iniciais, os autores constataram que os PCK sobre modelos e modelagem dos professores poderiam ser qualificados em dois tipos. No Tipo A, os conhecimentos se sustentavam em uma base comportamentalista e cognitivista constituída por: (i) PCK de estratégias instrucionais, que sugeria transmissão do conteúdo de certos modelos, conhecimentos sobre métodos e modos de apoiar a compreensão de estudantes sobre o conteúdo desses modelos, além de auxiliá-los na conexão entre modelos e a realidade; (ii) PCK da compreensão e das dificuldades dos estudantes sobre modelos e modelagem; (iii) PCK de metas e objetivos do currículo em relação a modelos e modelagem (pautados nas visões positivista e instrumentalista); e (iv) PCK de maneiras de avaliar a compreensão dos estudantes sobre modelos e modelagem. Por sua vez, no Tipo B, mais abrangente, os conhecimentos eram dominados por aspectos cognitivistas e construtivistas. Assim: (i) os conhecimentos eram evidenciados tanto nos conhecimentos pedagógicos gerais dos professores como em seus PCK; (ii) os PCK de estratégias instrucionais incluíam conhecimentos sobre tarefas motivadoras e desafiadoras para apoiar a compreensão de estudantes sobre modelos, sobre produção ou comparação de modelos e sobre modos de promover a criatividade de estudantes ao pensar sobre a natureza dos modelos e de sua elaboração; (iii) os PCK de conhecimentos dos estudantes incluíam conhecimentos sobre afinidade, motivação e dificuldades de estudantes em relação a modelos e à modelagem; (iv) os PCK de metas e objetivos para o ensino de modelos e modelagem com ênfase na visualização e explicação dos fenômenos; e (v) a visão de modelos tinha base epistemológica e relativista (modelos concebidos tanto como instrumentos quanto como formas de ver a realidade).

Mais recentemente, Williams e Clement (2015) investigaram tipos de estratégias cognitivas de ensino mobilizadas por dois professores de Física em atividades discursivas no contexto de ECFM. Nesta investigação, os autores observaram que, além de estratégias de ensino dialógicas usadas para envolver estudantes na comunicação científica, há um segundo nível de estratégias, mais específicas dos processos de modelagem que professores utilizam para guiar esses processos, nível este que foi subdividido em macroestratégias e microestratégias. As macroestratégias foram definidas a partir das etapas da modelagem considerando o modelo ciclos de Geração, Avaliação e Modificação (GEM), proposto por

Clement (1989; 2008b). A partir dos dados analisados, os autores acrescentaram uma etapa ao ciclo GEM, de Observação, por esta ter sido uma etapa proeminente nos processos, o que resultou na adaptação do modelo e na mudança de sua denominação para modelo Ciclo OGEM. Na modelagem, as microestratégias se caracterizaram pelas ações que compõem as macroestratégias do ciclo OGEM, que na pesquisa somaram 39, mas foram amalgamadas em 15. Alguns resultados desse estudo foram: (i) a discussão orientada pelos professores representa uma posição intermediária em um espectro de abordagens de investigação aberta a fortemente guiada; (ii) as macro e microestratégias adotadas representam maneiras específicas pelas quais as discussões são orientadas com o objetivo de estimular a aprendizagem de conteúdos; (iii) os professores mantêm o foco nas etapas da modelagem, mas abertos a quaisquer ideias de estudantes que surjam nesse contexto; (iv) tais ideias são utilizadas pelos professores que incorporam elementos do seu próprio discurso.

Apesar de Williams e Clement (2015) não adotarem algum modelo de CPD para sustentar a discussão de seus dados e resultados, observamos que a análise apresenta relações com os ePCK de professores ao guiar ações para discussão na elaboração de modelos em salas de aula. Além disso, os autores se apoiam em aspectos do discurso para investigar as ações promovidas por professores a partir de macro e microestratégias na ECFM.

Em uma pesquisa semelhante, pautada em um constructo PCK adaptado de Shulman (1986), Tay e Yeo (2018) investigaram a transformação das Bases Gerais de CPD²⁰ em PCK, a partir da mobilização de microações pedagógicas por uma professora de Física, no contexto de ECFM. Essas autoras explicam que tais microações resultam de uma transformação dinâmica de tipos de CPD (contexto, conteúdo, pedagogia, estudante e ambiente) em PCK para apoiar a aprendizagem de estudantes, considerando aspectos da modelagem (por exemplo, conceituais, cognitivos, discursivos e epistemológicos). Neste estudo, duas inferências principais sobre os PCK foram feitas, as de que: (i) componentes dos PCK são fundamentais na implementação de atividades para a ECFM; e (ii) desenvolvimento profissional pode ser aprimorado a partir do momento em que professores adquirem PCK sobre modelos e modelagem. Sobre a transformação dinâmica das Bases Gerais de CPD em PCK na prática da professora, Tay e Yeo observaram que, na transformação de:

²⁰ Este modelo foi uma adaptação feita por Cochran-Smith (2006) do modelo PCK de Shulman (1986). Para Cochran-Smith, a transformação do PCK é mais dinâmica do que Shulman (1986) sugere e, a partir dela, professores realizam microações à medida que recebem informações em tempo real sobre o pensamento e o raciocínio de estudantes.

- CK em microações, conceitos científicos relacionados à ECFM e, também, aspectos cognitivos, discursivos e epistemológicos da modelagem foram abordados;
- Conhecimentos pedagógicos em microações, três agrupamentos de funções desempenhadas pelas microações foram identificadas em processos de avaliação e reformulação de modelos pelos estudantes: (a) esclarecimento e explicação, cujo propósito era explorar o pensamento de estudantes sobre diferentes aspectos de seus modelos; (b) avaliação, modificação e exploração, que são usadas para trabalhar principalmente as ideias de estudantes e para promover o progresso na elaboração de modelos mais consistentes; e (c) meta-ações (convenções de referência, enfoque e meta-representações) executadas para evidenciar aspectos principais da modelagem;
- Conhecimentos dos estudantes em microações, o principal objetivo era favorecer a discussão sobre as inconsistências de modelos dos estudantes; e
- Conhecimentos do contexto ambiental em microações, eram levadas em conta considerações de aspectos sociais e políticos do ambiente de aprendizagem nas tomadas de decisão sobre quais microações realizar.

Além disso, Tay e Yeo (2018) afirmam que compreender como as microações pedagógicas são realizadas esclarece: (i) a natureza situada e dinâmica do conhecimento, aprendizado e ensino do professor; (ii) como elas interferem no raciocínio de estudantes em tempo real; (iii) que a escolha de qual tipo de microação realizar na ECFM se pauta em bases mais gerais de CPD; e (iv) que mobilizá-las, exige do professor um julgamento pessoal, um olhar holístico do planejamento de ensino e conhecimento tácito que, por sua vez, pode explicar por que é desafiador identificar e eleger microações adequadas para lidar com modelos elaborados por estudantes.

Apesar de os conhecimentos produzidos a partir dos estudos comentados neste tópico lançarem luzes para a compreensão dos CPD sobre modelos e modelagem, todos eles se pautaram em modelos sobre CPD anteriores ao RCM. Além disto, com exceção do estudo de Tay e Yeo (2018), as pesquisas realizadas até então sobre os CPD para a ECFM, apresentaram tipos de CPD de modo desfragmentado e estáticos, sem evidenciar como ocorre a dinâmica de influências e transformações desses CPD em contextos de sala de aula.

Como o RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), e mesmo o TPK&S (GESS-NEWSOME, 2015) são relativamente mais recentes, não encontramos estudos no contexto de ECFM que se basearam neles. Contudo, consideramos ser importante estudos se pautarem na utilização desses modelos, principalmente do RCM, visto o seu grau de detalhamento e sua

potencialidade em estudos sobre CPD, como evidenciamos anteriormente. Por exemplo, a representação do RCM pode auxiliar: na caracterização de CPD sobre modelos e modelagem de modo a relacioná-los às camadas do modelo e em quais “regiões” esses CPD estão situados; na identificação da mobilização de diferentes tipos de conhecimentos e de quando e como ocorrem transformações de um tipo em outro (por exemplo pPCK em ePCK e vice-versa); e na caracterização dos PCK no ciclo de raciocínio pedagógico planejar-ensinar-refletir na ECFM. Estudos a partir desses modelos podem também ser utilizados para avaliar a abrangência dos mesmos no campo de Educação em Ciências, vistas as idiossincrasias destes frente a outros modelos mais antigos.

Além dessas considerações gerais, ressaltamos que nenhuma das pesquisas que encontramos e descrevemos neste tópico, se pautaram no DMM v2 como ferramenta norteadora para os processos de modelagem. Isto também pode ter acontecido em função de este ser um modelo recente na literatura. Por isto, o conjunto de modelos (de PCK e de modelagem) utilizados nesta Tese pode trazer contribuições para o campo de pesquisa, considerando o ineditismo de seus usos em investigações sobre CPD no contexto de ECFM.

A partir do conhecimento dos estudos aqui comentados e da noção de PCK e de ECFM que adotamos, acreditamos que nossa pesquisa pode trazer contribuições relevantes para a Educação em Ciências. Isto porque acreditamos que nossa pesquisa tem o potencial de abrir possibilidades para uma compreensão mais ampla dos CPD mobilizados por uma professora no contexto de ECFM; de como esses CPD se transformam na prática docente para a promoção da ECFM; e de elementos para se pensar a formação de professores de Ciências a partir de seus CPD, sobretudo, visado a atuação de futuros professores na ECFM.

3 OBJETIVOS

Nesta Tese, estudamos os CPD sobre modelos e modelagem mobilizados por uma professora universitária no contexto de um curso de formação de professores ofertado a licenciandos em Química. Além disto, buscamos analisar como ocorrem as transformações desses conhecimentos na prática docente desta professora. Para isto, e considerando as discussões anteriores sobre a ECFM, sobre o aporte teórico que o modelo de PCK adotado (o RCM) apresenta, os objetivos específicos deste estudo são:

- Identificar e caracterizar as Bases Gerais de CPD e os PCK (ePCK pPCK e cPCK) sobre modelos e modelagem adquiridos ou mobilizados pela professora durante suas trajetórias escolar, acadêmica e profissional;
- Analisar, nesse contexto de ECFM, como ocorrem influências e transformações dos CPD sobre modelos e modelagem na prática docente desta professora;
- Identificar e caracterizar as Bases Gerais de CPD e os PCK sobre modelos e modelagem manifestados pela professora na promoção da ECFM junto a licenciandos em Química; e
- Identificar e caracterizar fatores que podem influenciar na manifestação de desses CPD na promoção da ECFM junto a licenciandos em Química.

Esclarecemos que tais objetivos foram construídos durante a pesquisa, desde nossos planejamentos iniciais até a análise dos dados. Erickson (2012) explica que isto é comum em pesquisas no campo da Educação, sobretudo, em estudos de caso. O autor esclarece que, muitas vezes, mesmo durante o trabalho de campo, como resultado de uma análise parcial (ou incipiente), são evidenciadas necessidades de mudanças tanto nas questões de pesquisa (QP) quanto nos objetivos previamente estabelecidos. Contudo, isto não se apresenta como retrocesso, mas como progresso, visto que se configura como uma oportunidade de refinar os objetivos, explorar situações mais sutis, elaborar novos objetivos matizados por significados interessantes. Por isso, pesquisador(es) deve(m) adotar uma postura mais cautelosa, criteriosa e atenciosa em relação a dados, evidências e conclusões. Assim, “a indução analítica, quando bem-sucedida, nos ensina novas percepções – algo que não poderíamos ter sabido antes de começarmos nossa investigação” (ERICKSON, 2012, p. 1463).

As questões básicas na elaboração de estratégias para a coleta de dados são identificar quais fontes precisamos pesquisar, com quem e em quais situações contextuais. Isto pode ser facilitado quando um pesquisador estabelece QP buscando reunir evidências para respondê-las

(ERICKSON, 2012). Visando favorecer a condução desta pesquisa de Doutorado, traduzimos nossos objetivos nas seguintes QP:

- **QP1:** Como CPD sobre modelos e modelagem foram adquiridos ou mobilizados por uma professora formadora da área de Ensino de Química durante sua trajetória em contextos de ECFM?
- **QP2:** Como esses CPD se modificaram ao longo do tempo?
- **QP3:** Como a professora manifesta CPD sobre modelos e modelagem no contexto de um curso de formação de professores de Química voltado para a ECFM?
- **QP4:** Quais fatores influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem na prática docente desenvolvida para a ECFM? Como isto ocorreu?

Algo interessante de se destacar é que, segundo Alonzo, Berry e Nilsson (2019), estudos sobre CPD em Educação em Ciências, com foco nos PCK, têm se concentrado basicamente no PCK coletivo (cPCK) e no PCK pessoal (pPCK). Temas frequentes têm sido, por exemplo, maneiras de avaliar se os professores “conhecem” os cPCK (tidos como canônicos) e como eles articulam o que sabem sobre o ensino de conceitos específicos em um contexto específico (pPCK). Assim, poucas pesquisas têm dado atenção aos ePCK de professores em contextos de prática real de ensino. Além disto, considerando os ePCK em contextos de ECFM, isto se torna ainda mais alarmante, visto que, como apontou nossa busca na literatura da área (tópicos 2.7 e 2.8), esses trabalhos são quase inexistentes, ou bastante generalistas.

Este é um dos motivos pelos quais creditamos à esta pesquisa *status* de promissora e relevante, uma vez que ela tem como objetivos gerais (traduzidos nas QP) investigar os CPD sobre modelos e modelagem de uma professora utilizando um modelo que permite investigar desde as bases mais gerais de CPD até aqueles que são mobilizados na ação docente: o RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019); e uma metodologia que permite investigar diferentes instâncias desses CPD tanto a partir do que a professora declara quanto daquilo que ela pratica em contextos de ECFM. Em específico, consideramos que esta pesquisa tende a construir novos conhecimentos e trazer contribuições para a área de Educação em Ciências principalmente por: (i) buscar caracterizar os CPD sobre modelos e modelagem de uma professora em suas trajetórias (escolar, acadêmica e profissional) e em suas práticas de ensino para a ECFM; (ii) buscar investigar como os CPD sobre modelos e modelagem influenciaram e foram influenciados nessas trajetórias; e (iii) buscar identificar, caracterizar e analisar os CPD sobre modelos e modelagem, em contextos de ECFM, a partir da prática de uma professora especialista e experiente nesses contextos.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo – Contribuições do Ensino Fundamentado em Modelagem para a Aprendizagem *sobre* Ciências, o Desenvolvimento do Raciocínio Argumentativo de Estudantes e o Desenvolvimento de Conhecimentos e Habilidades Docentes – coordenado pela professora Dra. Rosária Justi. Seu parecer de aprovação tem o código CAAE: 66805717.8.0000.5149.

Seguindo os termos desta aprovação, todos os sujeitos participantes – professora e licenciandos – após os devidos esclarecimentos sobre objetivos e procedimentos metodológicos a serem adotados, assinaram Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) concordando com a utilização dos dados na pesquisa. De nossa parte, mantendo o compromisso assumido com os participantes, seguimos rigorosamente os procedimentos éticos adequados, inclusive criando nomes fictícios para identificar cada uma delas.

De um modo geral, esta Tese é o resultado de uma Pesquisa Qualitativa em Educação. Erickson (2012) define este tipo de pesquisa como aquela na qual abordam-se essencialmente questões do significado literal e metafórico das ações promovidas por atores sociais em contextos educacionais, ao mesmo tempo em que documentam-se essas ações em sua atuação rotineira e descrita em detalhes. Segundo o autor, este tipo de pesquisa apresenta um proeminente caráter construtivista, permitindo-nos ver e compreender como os atores sociais se ocupam ativamente na condução de processos, compartilhando significados, na busca pela produção de sentidos mais amplos para aquilo que fazem.

A partir desta definição apresentada por Erickson, consideramos esta pesquisa de Doutorado como uma autêntica pesquisa qualitativa em Educação. Isto porque, ao buscarmos investigar a manifestação de CPD sobre modelos e modelagem por uma professora (ator social que conduz os processos), em um curso sobre ECFM ofertado a licenciandos (contexto de pesquisa), e como esses CPD se influenciam e se transformam durante a prática, adotamos uma metodologia que se pauta na investigação de sua prática docente para a promoção da ECFM.

Ao nos debruçarmos sobre o referencial teórico que discute aspectos de pesquisas qualitativas em Educação, deparamo-nos com a descrição de quatro procedimentos, ou ‘bons princípios’ gerais que as definem.

Um primeiro princípio é caracterizado pela ida do pesquisador (principal instrumento de pesquisa) ao campo de pesquisa, tendo-se em vista uma preocupação inicial, um objetivo central e/ou uma questão orientadora (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Isto proporciona uma

imersão do pesquisador no contexto de investigação que possibilita familiarizar-se com a situação ou com os atores sociais que a integram. Para tal, o pesquisador deve frequentar o(s) local(ais) em que acontecem os fatos de interesse preocupando-se em observá-los, interagir com pessoas, conversar e recolher material produzido por elas ou a elas relacionado. Isto resulta na possibilidade de: (i) uma descrição e delineamento pormenorizados dos sujeitos, locais e contextos da pesquisa a partir de uma visão *in situ*; e (ii) criação de estratégias metodológicas que visem atingir ao(s) objetivo(s) de pesquisa iniciais e responder à(s) QP, além de outras questões que surgirem. Erickson (2012) também endossa essas considerações ao afirmar que a ida do pesquisador ao campo deve ser feita com atenção e deliberada reflexão sobre o que se observa. Por isso, é preciso criar estratégias pensando em três atributos básicos: onde precisamos pesquisar, com quem e em quais relacionamentos.

Um segundo princípio foi extraído de considerações de Bachiochi e Weiner (2008) que enfatizam a importância de obter dados a partir de métodos de coleta consistentes e coerentes com o tipo e objetivo(s) da pesquisa. Quanto mais consistentes e coerentes são os métodos de coleta, melhor a compreensão de sujeitos, fenômenos ou situações da pesquisa e, conseqüentemente, maior a riqueza de informações.

A ida ao campo e o uso de bons métodos de coleta de dados estão em consonância com um terceiro princípio, que se refere à seleção criteriosa dos dados coletados e ao tratamento pormenorizado dos mesmos, visando atender ao(s) objetivo(s) da pesquisa e responder à(s) QP (DUARTE, 2002). Para isso, o pesquisador tem que estar atento para como irá tratar os dados de modo a explorar efetivamente suas potencialidades.

O quarto princípio é o ponto explicitado por Erickson (2012) sobre a responsabilidade do pesquisador de ir além do que os atores locais explicitam com suas ações. Movimentando-se neste sentido, é possível que o pesquisador evidencie significados que estão implícitos naquilo que se observa, buscando revelar parte do ‘currículo oculto’ de maneira que ele possa ser considerado criticamente (o que entendemos como inferências fundamentadas nos dados).

Pelo conhecimento desses quatro princípios de pesquisas qualitativas em Educação e comparando-as ao que fizemos nesta pesquisa, consideramos que atendemos:

- ao primeiro princípio, com a ida do pesquisador ao campo de pesquisa, o que resultou na realização da coleta de dados por ele em contato com a professora experiente em ECFM (sujeito da pesquisa) no seu local de trabalho (contexto). Isto ocorreu no decorrer de todo o curso. A presença do pesquisador no *locus* da pesquisa potencializou o processo de reconhecimento *de* e ambientação *com* o contexto de pesquisa. Como resultado disso, foi

possível compreender melhor situações que só puderam ser reconhecidas a partir de percepções do pesquisador, muitas delas registradas em notas de campo e consideradas na produção e análise dos dados;

- ao segundo princípio, quando optamos por uma metodologia de pesquisa que incluísse a utilização de variados métodos de coleta de dados (melhor descritos na sequência deste capítulo) e em diferentes momentos do curso, contexto no qual múltiplos assuntos e temas foram abordados pela professora investigada. Como resultado disso, obtivemos um conjunto de dados bastante amplo, visto que o curso rompia barreiras da ECFM ao considerar, por exemplo, abordagens de ensino que tratavam de assuntos e temas como NdC, Alfabetização Científica, Ensino por Investigação, Práticas Científicas etc. Todos esses assuntos e temas foram registrados o que proporcionou uma diversidade e riqueza de dados, apresentando um espectro de informações bastante amplo do caso investigado. Em especial, atender a este segundo princípio nos auxiliou a compreender a importância de utilizar diversos métodos de coletas de dados para o melhor entendimento dos CPD sobre modelos e modelagem. Isto porque observamos, a partir da nossa revisão da literatura e da leitura dos trabalhos que encontramos, que há tendências nos estudos em caracterizar CPD sobre modelos e modelagem a partir de métodos únicos de pesquisa (por exemplo, VAN DRIEL; VERLOOP, 1999; JUSTI; GILBERT, 2002a; 2002b; 2003) ou a utilizar mais de um método, porém, sem apresentar correlações entre os dados (por exemplo, KHAN, 2011). A partir das escolhas metodológicas que adotamos, almejamos romper essa tendência;
- ao terceiro princípio que, sem dúvidas, foi um dos processos mais desafiadores da pesquisa. Isto porque um dos nossos maiores desafios foi filtrar e selecionar, dentre todos os materiais coletados e tratados, aqueles que se relacionavam especificamente aos CPD sobre modelos e modelagem em contextos de ECFM, visto que as interfaces entre a modelagem e outras abordagens e estratégias de ensino de Ciências são, muitas vezes, bastante tênues. Isto exigiu de nós leitura e releituras dos dados coletados, bem como reuniões entre autor e orientadora da pesquisa visando definir critérios, caminhos, concordâncias, coerência, confiabilidade etc. Esses movimentos, segundo Erickson estão coerentes com o “fazer pesquisa qualitativa” visto que é necessário prestar atenção detalhada aos fenômenos investigados e refletir deliberadamente sobre o que observamos, ou seja, considerando que “revisitar é buscar e buscar novamente, recursivamente” (ERICKSON, 2012, p. 1454); e
- ao quarto princípio, uma vez que buscamos analisar os dados na busca de seus significados, coerentes com os referenciais e interpretando-os para além daquilo que era observado, sem

perder de vista os guias teórico-metodológicos. Por isso, não excluímos a realização de inferências a partir de nossos conhecimentos e crenças sobre a ECFM. Isto adveio, por exemplo, de detalhes registrados em notas de campo que realizamos; a partir de reuniões entre autor e orientadora; de encontros com membros do nosso Grupo de Pesquisa (GP) para abordarmos temas afins que se relacionavam à pesquisa; e consulta a outros pesquisadores do campo de estudos, tanto sobre CPD quanto sobre ECFM.

Reconhecemos que outros critérios são importantes em uma pesquisa qualitativa. Contudo, consideramos que, por descrever geralmente o processo de pesquisa, e pelo fato de que esta pesquisa se aproxima daquilo que é proposto nestes princípios citados, foi importante destacá-los nesta Tese. Além disto, pensar *neles* e *sobre eles*, contribuiu como ponto de partida para definirmos o tipo de pesquisa qualitativa que realizamos: um *Estudo de Caso Qualitativo*.

Boblin e colaboradores (2013) afirmam que, no campo de pesquisas das Ciências Humanas, dois autores servem como principais referências para estudos de caso: Robert Yin (2001) e Robert Stake (1978; 2005). Além disso, Boblin e colaboradores observam que há pesquisadores que definem seus estudos de caso utilizando ambos autores, ou apenas um deles, muitas vezes de modo equivocado. Isto acontece porque é comum pesquisadores não prestarem atenção em qual escola e orientações filosóficas Yin e Stake se apoiam para definir um estudo de caso. Em geral, Yin define estudo de caso a partir de uma perspectiva pós-positivista, enquanto Stake o define a partir de uma perspectiva construtivista (BOBLIN *et al.*, 2013).

Sinteticamente, um estudo de caso na perspectiva pós-positivista situa a pesquisa em um quadro interpretativo mais amplo de modo a “imitar” uma compreensão da Ciência como passível de generalizações preditivas. Um dos principais objetivos de pesquisadores que se fundamentam em estudos de caso na perspectiva pós-positivista é apontar proposições que são, no mínimo, teoricamente prováveis no futuro (FISCHER, 1998).

Por outro lado, Lincoln e Guba (1990) explicam que, em um estudo de caso na perspectiva construtivista, não há tanta objetividade nas relações que se estabelecem no mundo, mas múltiplas realidades que são dependentes de formas e conteúdos das vivências sociais dos sujeitos. Por isso, neste tipo de estudo, pesquisadores descrevem e interpretam construções individuais a partir de relações entre investigador-investigado e construções teóricas. Nessa direção, Denzin e Lincoln (2006) explicam que estudos de caso na perspectiva construtivista partem do pressuposto de que o conhecimento resulta da interpretação de quem investiga, através de um processo dialético entre os atores implicados em seus contextos de atuação assumindo, portanto, uma natureza intersubjetiva.

Diante dessas distinções gerais, entendemos que a opção por um ou outro tipo de estudo de caso repercute em maneiras distintas sobre como pesquisadores delinham suas perspectivas teóricas, passos metodológicos e olhares analíticos sobre os dados, ações que impactam diretamente os resultados de pesquisas.

Nesta Tese, utilizamos a concepção de estudo de caso de Stake (1978; 2005) e justificamos, para isto, a aproximação de sua fundamentação filosófica, o Construtivismo, à natureza construtivista da modelagem, contexto da pesquisa, e à orientação de ensino da professora investigada²¹ ao ensinar pautada no Construtivismo, o que define parte de sua identidade docente²². Ao fazer tais afirmativas, pautamo-nos na visão filosófica do Construtivismo que assume o conhecimento como produzido pelo ser humano sendo, portanto, passível de modificações motivadas pela busca por melhor adequá-lo a cada situação ou contexto. Assim, basear o ensino nesta visão implica considerar que cada estudante é agente principal do processo de construção de seu conhecimento a partir de suas experiências epistemológicas e de interações sociais.

Mortimer (1996) afirma que um problema que vem sendo apontado em relação à perspectiva construtivista no ensino é a dificuldade na preparação de professores para utilizá-la como base de sua atuação. Segundo o autor, isto se deve muito ao fato de professores simplesmente tentarem ampliar os conhecimentos que os estudantes já possuem dos fenômenos ou tentarem organizar suas ideias baseadas no pensamento de senso-comum dos estudantes, sem promover a construção de seus conhecimentos almejando a aprendizagem de conceitos científicos.

Gilbert e Justi (2016) se apropriam de noções construtivistas ao definirem a ECFM (definição que também adotamos) e propor o processo de modelagem a partir do DMM v2 (modelo teórico e orientador que adotamos na pesquisa). Esses autores explicam que a ECFM caracteriza contextos de ensino construtivistas sociointerativos (VIGOTSKI, 1978), nos quais a construção do conhecimento resulta das interações estudante(s)-estudante(s), estudante(s)-professor(es) e recursos-estudante(s), significando também que a ECFM pode apoiar a co-construção de conhecimento.

²¹ Esta afirmação está em concordância com as declarações da professora, descritas no subtópico 4.1.2.

²² Esta caracterização emergiu a partir da análise dos dados relacionados à promoção da ECFM pela professora. Detalhes desta caracterização são apresentados no tópico 5.2.

Stake (1978; 2005) define Estudo de Caso em Pesquisas Qualitativas como a pesquisa fundamentada na exploração de um ‘sistema limitado’ (ou caso), ao longo de um espaço de tempo e envolvendo múltiplas fontes de informação, cada uma com sua própria amostragem, coleta de dados e estratégias de análise. Para o autor, estudos de caso são amplamente aceitos nos campos de pesquisa quando o principal assunto se estabelece ao entorno de indivíduos e por serem realistas e prenderem a atenção. Além disso, quando bem-realizados, podem estar epistemologicamente em harmonia com a experiência do leitor tornando-se, para ele, uma base natural para generalização, uma de suas principais vantagens. Isto pode acontecer quando o fato investigado se relaciona à compreensão, à extensão da experiência e ao aumento da convicção daquilo que é conhecido ou que se quer conhecer. Por exemplo, mesmo sendo desafiadora a generalização de estudos de caso, uma das intenções é que ele se reflita sobre casos semelhantes. Além disso, quando pessoas se identificam com o caso, mais ele se torna uma base natural para generalizações para tais pessoas, de modo a permitir um conhecimento mais pleno e profundo de uma situação particular.

Stake explica que o estudo de caso pode se estabelecer em torno de qualquer sistema limitado de interesse (um indivíduo, uma instituição, um programa, uma coleção ou uma população etc.). Estudos de caso também podem ser usados para testar hipóteses e, ao contrário do que se pensa, ser altamente estatísticos (STAKE, 1978; 2005). No nosso estudo, o caso é focado na professora Lizi, mas não consideramos o caso se referindo apenas ao sujeito. Consideramos como foco de nosso caso a professora Lizi, com uma bagagem experiencial em ECFM relevante e promovendo a ECFM para licenciandos em Química em um curso específico de formação de professores. Consideramos esta caracterização do nosso estudo de caso mais condizente com aspectos socioculturais que consideram que as ações que promovemos são social, institucional e historicamente situadas (WERTSCH, 1998), ou seja, não são desvinculadas de um contexto mais amplo.

Na literatura das Ciências Humanas e Sociais, a maioria dos estudos de caso apresenta: descrições não-isoladas que são complexas e holísticas; seleção de dados que permitem uma observação personalística; e um estilo de escrita menos formal (por exemplo, narrativo) com uso de citação literal, ilustração, e inferências do pesquisador. Nesses estudos, a natureza de comparações é mais implícita em vez de explícita (STAKE, 1978; 2005). Isto contribui para que o estudo de caso leve a uma compreensão holística do sujeito, situação e/ou fenômeno que está sendo pesquisado, o que vem sendo entendido como triangulação de informações coletadas (ERICKSON, 2012). Em nosso estudo, usamos a triangulação para garantir que nossos dados

fossem os mais ricos possíveis e que os significados advindos de dados obtidos em cada método fossem complementares, assim como para dar suporte às nossas descobertas.

Stake (2005) define um estudo de caso a partir das seguintes premissas construtivistas:

- *Ontológica*, na qual a natureza da realidade é subjetiva, um aspecto essencial da compreensão. Neste caso, a ênfase recai sobre o tratamento holístico de fenômenos e requer olhar para uma variedade de contextos, como temporais, espaciais, históricos, sociais, pessoais etc.;
- *Epistemológica*, na qual há interação do pesquisador com o fenômeno, cuja intenção é aproximar pesquisador e “quem” ou “o que” está sendo pesquisado. Isso ocorre geralmente por um espaço de tempo necessário para uma coleta de dados consistente;
- *Axiomática*, a partir da qual o pesquisador pode ter uma visão privilegiada ao buscar compreender a experiência humana; e
- *Metodológica*, na qual os métodos de pesquisa são indutivos e flexíveis. Além disso, a descoberta e a interpretação ocorrem simultaneamente, não necessitando, *a priori*, de uma estrutura conceitual que a define, mesmo que tal estrutura possa ser usada. Nesse contexto, a busca é por “acontecimentos”, não por causas, e o objetivo é a compreensão, com a interpretação sendo o método principal de compreensão.

Esta Tese é um estudo de caso porque contempla todas estas premissas apresentadas por Stake (2005). Resumidamente, esta pesquisa se fundamenta em aspectos ontológicos porque buscamos: (i) utilizar uma descrição holística dos dados; (ii) contemplar a caracterização do sujeito de pesquisa e seu contexto acadêmico profissional passado; (iii) caracterizar situações práticas de ensino atuais desse sujeito; e (iv) apresentar grande parte dos resultados da pesquisa a partir daquilo que interpretamos, evidenciando assim um caráter subjetivo. Aspectos epistemológicos também fundamentam esta pesquisa porque, como já citado, o pesquisador esteve em contato direto com a professora investigada em seu ambiente sociocultural de trabalho e no contexto de ensino que subsidiou a pesquisa. Além disto, as premissas axiomática e metodológica foram contempladas com o registro de todos os encontros bem como de todas as entrevistas com a professora feitos pelo pesquisador, mais detalhados posteriormente. Com este movimento, o pesquisador pode ter uma visão privilegiada sobre a atuação da professora *in situ*, vivenciando amplamente o processo de ensino promovido por ela.

Destacamos também que a metodologia que adotamos, além de estar em consonância com os princípios da pesquisa qualitativa apontados por Bogdan e Biklen (1994), Bachiochi e Weiner (2008), Duarte (2002) e Erickson (2012), foi construída visando contemplar a premissa

metodológica de Stake (2005). Isso porque, por exemplo, não houve exigências à professora sobre o que fazer; registramos em videograções o que observávamos nos encontros (sem causar interferências diretas na sua prática); e elaboramos roteiros de entrevistas semiestruturados (cujas perguntas eram passíveis de adaptação, dependendo do que a professora nos dizia).

Outro aspecto que apontamos nesse contexto é a potencialidade que este estudo de caso tem para a promoção de generalizações no que tange a contextos de mobilização de CPD sobre modelos e modelagem. Por se tratar de uma professora experiente, saber como ela mobiliza tais CPD em contextos de ECFM pode ser importante, sobretudo, para professores que também pautam suas práticas na ECFM ou para professores formadores que pretendem discutir sobre ECFM em seus cursos. Outro ponto é a sua potencialidade para a representatividade de aspectos da realidade de mobilização de CPD sobre modelos e modelagem, visto que a professora foi investigada tratando da ECFM em contextos distintos (a saber, cotidiano e científico) e relacionando a modelagem com outras estratégias e abordagens de ensino.

De um modo geral, definimos modelagem de contexto cotidiano como a modelagem que se relaciona a aspectos do dia a dia dos sujeitos e que tem como base a mobilização de conhecimentos cotidianos, podendo ser complementados com conhecimentos científicos. Por sua vez, modelagem de contexto científico envolve aspectos das Ciências e sua base se sustenta em conhecimentos científicos, podendo ser complementados com conhecimentos cotidianos, por exemplo, quando se promove o raciocínio analógico.

Endossamos que isto pode ampliar a abrangência do alcance do estudo de caso no que se refere a prender a atenção de leitores interessados, principalmente quando estes se identificam com os contextos desta pesquisa.

No tópico a seguir, detalhamos o estudo de caso realizado apresentando como ocorreu a seleção do sujeito, sua caracterização geral e a caracterização dos contextos de pesquisa.

4.1 Contexto de Coleta de Dados

Descrever com detalhes o contexto de coleta de dados é uma etapa importante de um estudo de caso em Educação em Ciências (ERICKSON, 2012). Werstch (1991) endossa esta consideração afirmando que em casos nos quais sujeitos estão no centro dos estudos (como nesta pesquisa), os momentos comunicativos geralmente são tomados como a unidade fundamental de análise. Isto porque esses momentos fornecem o contexto no qual tanto o

comportamento individual quanto os processos socioculturais pelos quais esse comportamento é moldado podem ser estudados.

Hall (1997) considera que tal descrição detalhada é importante porque nenhum momento ou situação está livre do contexto, ou seja, eles são indissociáveis de contextos específicos em que ocorrem. Assim, os sujeitos, as práticas e seus contextos de ocorrência consubstanciam o núcleo investigatório de um estudo de caso (STAKE, 2005). Para dar início a tal descrição, esclarecemos detalhadamente como ocorreu a seleção do sujeito de pesquisa.

4.1.1 Seleção do Sujeito de Pesquisa

Duarte (2002) afirma que a escolha criteriosa dos sujeitos de pesquisa que irão constituir o universo de investigação é uma ação prévia primordial de um estudo de caso, pois pode influenciar diretamente a qualidade das informações resultantes da pesquisa. Concordando com Duarte, buscamos selecionar um professor de Ciências experiente²³ na promoção de atividades para a ECFM. Como justificativas para isso, destacamos que professores experientes: (i) têm maior probabilidade de traduzir aspectos de uma ‘estrutura do conteúdo’ à prática, mesmo ressaltando que essa tradução não ocorre automaticamente e que ela é constantemente mitigada pelas realidades das salas de aula (GESS-NEWSOME, 1999); (ii) tendem a adquirir mais consciência sobre as linhas de pensamento de seus estudantes, bem como a interpretar melhor os eventos de gerenciamento de sala de aula (MORINE-DERSHIMER; KENT, 1999); e (iii) têm maior habilidade para ensinar do que aqueles cujo conhecimento é limitado e fragmentado, o que pode influenciar, por exemplo, no planejamento e nas ações desenvolvidas (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999).

Nesse sentido, consideramos que investigar como os CPD sobre modelos e modelagem se manifestam e como eles se dinamizam (se influenciando entre si ou se transformando) na prática seria mais pertinente a partir de investigações com professores experientes. Isto porque eles sabem melhor como planejar e guiar experiências de aprendizagem pautadas na ECFM, sob condições e restrições particulares, para ajudar diversos grupos de estudantes a compreender, desenvolver e compartilhar os conhecimentos científicos que estruturam os

²³ Nesta pesquisa, entendemos que professores de Ciências experientes são aqueles que vivenciam experiências profissionais docentes em diferentes e variados espaços e contextos. Isto contribui para a promoção de processos intrapessoais (internos), interpessoais (entre professor e outros sujeitos da comunidade escolar) e contextuais, na configuração dessas experiências (ROTH; JORNET, 2014).

roteiros de ensino que adotam, este último em especial, um aspecto bastante almejado na ECFM (GILBERT; JUSTI, 2016).

Há na literatura em Educação em Ciências constatações de que pouca atenção tem sido dada às pesquisas sobre CPD de profissionais especializados em conteúdos e conceitos específicos das Ciências (SMITH; BANILOWER, 2015). Quando pensamos em pesquisas sobre CPD sobre processos comuns nas Ciências e introduzidos na Educação em Ciências mais recentemente (como modelagem, argumentação etc.) acreditamos que esta atenção se torna ainda mais incipiente. Contudo, Friedrichsen e Berry (2015) afirmam que há uma perspectiva de aumento de interesse de pesquisadores em investigar os CPD de professores experientes de Ciências. Quando salientamos que nossa pesquisa foca em CPD sobre modelos e modelagem de uma professora experiente, ela se torna ainda mais relevante, visto que encontramos poucos trabalhos na literatura que tiveram esse foco – o que aponta para potenciais contribuições de nosso trabalho para a literatura da área.

Diante disso, realizamos uma sondagem no campo de trabalho educacional, procurando identificar um professor com este perfil. Nesse breve movimento, tivemos em mente uma professora, Lizi, integrante de nosso Grupo de Pesquisa (GP), que não era apenas experiente, mas também, especialista²⁴ em ECFM. Além disso, ela já havia desenvolvido atividades de modelagem na Educação Básica e na Educação Superior.

Após a identificação, convidamos Lizi a participar do estudo, para o qual houve interesse e disponibilidade imediatos. Lizi nos informou que era professora integrante do Programa de Residência Pedagógica (RP) de uma Universidade Federal (UF) na qual ela leciona e que iria promover um curso *de e sobre* ECFM no contexto deste Programa. Participavam da RP bolsistas licenciandos em Química. Essa informação endossou nosso interesse em tê-la como sujeito de pesquisa, vista a possibilidade de acompanhá-la abordando a ECFM na perspectiva de formação de professores, sem que precisássemos solicitar que ela criasse situações específicas para isto uma vez que o curso já fazia parte de suas intenções.

Ainda durante o convite, Lizi nos informou que, naquele curso, iria utilizar um roteiro de ensino para a ECFM que continha diversas atividades que foram elaboradas por Lizi e por membros de nosso GP. Ela também planejava utilizar outras atividades que faziam parte de seu banco de dados pessoal. Porém, todas as atividades já haviam sido aplicadas por ela seja em

²⁴ Esta característica atribuída à Lizi pode ser identificada a partir de suas experiências relacionadas à ECFM (subtópico 4.1.2.2).

contextos de Educação Básica seja em Contextos de Educação Superior. Essa informação foi bastante relevante em função da possibilidade de termos noções gerais sobre como ela já havia conduzido as atividades da sequência de ensino para a ECFM em outros contextos. Por exemplo, uma das sequências de atividades que compunha o roteiro de ensino para a ECFM tinha como temática principal os polímeros. Lizi havia aplicado esta sequência um ano antes desta pesquisa (2017) em um curso ofertado a estudantes do Ensino Médio, aplicação que foi videogravada por integrantes de nosso GP e que passou a integrar nosso banco de dados, uma vez que tais dados fazem parte de um projeto maior ainda vigente.

Diante disso, selecionamos do nosso banco de dados a videogravação da aplicação desta sequência de modelagem sobre polímeros por Lizi e assistimos a todos os encontros com os estudantes, focando na performance da professora naquele contexto. Mesmo não sendo parte do contexto analítico desta pesquisa, isso foi importante por nos possibilitar conhecer como ela conduziu a sequência naquele contexto. Com esse movimento, ficamos bastante satisfeitos porque consideramos que sua prática era rica, no que diz respeito a como ela conduziu o processo. Além disto, ficamos bastante motivados em investigar como ela conduziria o roteiro de atividades no contexto de Ensino Superior, assim como todas as outras atividades que constituíam o mesmo.

4.1.2 Caracterização Geral dos Percursos Escolares, Acadêmicos e Profissionais da Professora

Buscando conhecer melhor nosso sujeito de pesquisa, a partir dos dados obtidos na entrevista inicial, caracterizamos parcialmente e de modo geral, os percursos escolares de Lizi; seus percursos acadêmicos na UF em que estudou; e seus percursos profissionais no Magistério.

4.1.2.1 Percursos Escolares e Acadêmicos de Lizi

Lizi cursou o Ensino Fundamental e o Ensino Médio em duas escolas particulares católicas e, nos anos finais da Educação Básica, complementou os estudos frequentando um cursinho pré-vestibular, com o objetivo de se preparar melhor para os exames vestibulares. Lizi teve um professor de Química do Ensino Médio, Armim, que lhe inspira como exemplo docente, por tê-la influenciado na escolha da profissão e por conseguir prender sua atenção nas aulas, por ser empolgado com a Química e demonstrar ter “prazer em explicar”. Ela considera que as experiências que teve na Educação Básica e no curso pré-vestibular foram importantes para sua aprovação para cursar Química em uma UF de Minas Gerais (MG).

Quando ingressou nesta UF, Lizi pensou que teria dúvidas sobre seguir a carreira de Bacharelado ou Licenciatura em Química. Logo no 1º período do curso, ela atuou como bolsista de Iniciação Científica (IC) na área de Química Inorgânica, contexto no qual foi bem acolhida pela equipe de pesquisadores do laboratório em que atuava. Contudo, ainda naquela época ela se “apaixonou” pela área de Ensino de Química e ingressou na Licenciatura, “paixão” que foi endossada por experiências que teve em um programa de IC em Educação em Ciências, visto que isto a auxiliou a decidir por seguir cursando Licenciatura em Química. Nesse contexto, uma professora/pesquisadora, Maria, teve influência determinante para essas tomadas de decisão e, também, influenciando (como modelo) a sua prática.

Lizi considerou que, durante a Graduação, foi uma estudante com bom desempenho, opinião justificada pelo fato de não ter sido reprovada em nenhuma disciplina que cursou e por ter notas relativamente sempre elevadas. Ela também se dedicou a trabalhos acadêmicos sobre o Ensino de Química na IC, experiência que a fez ter mais convicção sobre ser professora, e para estabelecer vínculos com professores/pesquisadores, profissão que também almejava. Além disso, lecionar aulas particulares, monitorias em cursos pré-vestibular e assumir a docência no Estado de MG durante a Graduação foram importantes por “abrir portas” para outras experiências.

Nesse contexto de Graduação, além de Maria, outros professores marcaram sua trajetória como bons exemplos docentes e influenciaram no seu modo de ensinar por: ser boa professora (uma professora de Química Geral); ter ação performática para o ensino inspiradora (uma professora de História da Química); instigá-la nas aulas (um professor de Química Ambiental); e conseguir prender sua atenção por ter boa didática (um professor de Química Inorgânica).

Finalizando o curso de Licenciatura em Química, Lizi participou do processo seletivo do Mestrado em Educação em Ciências ofertado na mesma UF em que estudava. Lizi foi aprovada e, neste contexto, investigou situações de ECFM. Com relação a professores de Educação em Ciências que lhe serviram de referência, a partir do Mestrado, Lizi destacou Maria (que também foi sua orientadora no Mestrado e no Doutorado) e o professor Cristiano, ambos bastante inspiradores em diversos quesitos.

Assim como ocorreu da Licenciatura ao Mestrado, ao final deste, Lizi participou do processo de seleção para o Doutorado na mesma UF, para a mesma linha de pesquisa, e foi aprovada apresentando um pré-projeto que previa continuar investigando contextos de ECFM.

4.1.2.2 *Percurso Profissionais de Lizi no Magistério*

Lizi, leciona em uma UF também localizada em MG e, em 2018, quando os dados desta pesquisa foram coletados, possuía 18 anos de carreira docente. Desses 18 anos, em seis ela havia atuado no Ensino Médio e em 12, no Ensino Superior. Ela atuou como docente do Ensino Médio por dois anos em escolas particulares e um ano e meio em escolas públicas, além de lecionar em cursos pré-vestibulares e supletivos durante seis anos. Algumas dessas experiências docentes ocorreram concomitantemente.

No início de carreira no Ensino Médio, Lizi considera ter lecionado de modo bastante tradicional, seguindo livros didáticos e com foco nos conteúdos e na memorização de conceitos. Mesmo assim, ao longo dos anos, ela buscava envolver seus estudantes nas aulas promovendo situações mais interativas com eles e entre eles introduzindo atividades diferenciadas pautadas em abordagens mais contemporâneas de ensino. Nessas experiências, Lizi tinha dificuldades em cumprir as programações curriculares escolares, muitas vezes impostas pelas escolas (privadas) e não concordava com tais programações. Sua visão é a de que, se tivesse o conhecimento que tem atualmente, ela seria mais “rebelde” naqueles contextos, o que destaca a influência do contexto de ensino sobre sua prática.

Atualmente, ela considera que seus modos de ensinar no Ensino Médio (quando isto acontece) são bem diferentes se comparados ao início da carreira. Por exemplo, ela não se preocupa tanto mais em cumprir os conteúdos programáticos de livros didáticos como fazia antes. Ela reconhece que algumas experiências acadêmicas influenciaram nessas mudanças, tais como suas vivências em IC em Educação em Química e seus estudos advindos do Mestrado e do Doutorado. Estes últimos fizeram com que ela adquirisse mais confiança na gestão de sala de aula, na interação com os estudantes, no trabalho mais consciente para o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao ensino de conteúdos, na percepção de concepções alternativas de estudantes etc.

Em 2008, ainda como estudante de Mestrado, Lizi foi aprovada em um processo seletivo para professora substituta em uma UF de MG, na qual lecionou por dois anos iniciando, com isso, sua carreira como professora do Ensino Superior.

Essa experiência foi desafiadora para Lizi porque ocorreu quando ela havia acabado de finalizar a Graduação, estava iniciando o Mestrado e ainda não tinha nenhuma experiência como docente no Ensino Superior. Por isso, ela fez uma espécie de “RP” com o professor Cristiano, o qual iria substituir e discutia o planejamento com outros professores,

principalmente Maria, situações que a auxiliaram no melhor entendimento de processos pedagógicos no nível superior.

Algo que também se apresentou como desafio para ela, nesse contexto, foi o fato de se sentir insegura por ter idade aproximada às idades dos licenciandos que cursavam as suas disciplinas. Contudo, esse desafio foi sendo superado ao longo do tempo e o fato de os licenciandos serem “pessoas abertas, simples e acessíveis”, contribuiu para que ela lecionasse de forma mais autêntica e conseguisse trabalhar melhor suas limitações. Nessa UF, Lizi lecionou para graduandos em Licenciatura em Química, ministrando disciplinas da área, principalmente aquelas relacionadas aos Estágios Supervisionados em Química. Tais experiências foram importantes para que ela se sentisse mais segura ao assumir (futuramente) o cargo de professora efetiva em outra UF e, também, em pesquisas que produziu.

Nesse mesmo ano (2008), Lizi foi aprovada em um concurso para professores de Química/Ensino de Química, em duas outras UF de MG, tendo optado por assumir o cargo na instituição em que permanece lecionando atualmente. Nesta UF, ela também atuou como professora de Química no contexto de Educação Básica durante dois anos. No início, no Ensino Superior, Lizi lecionava basicamente disciplinas de Estágio Supervisionado em Química mas, atualmente, leciona várias disciplinas na Licenciatura (por exemplo, Instrumentação para Ensino de Química I, II e III, Introdução à Metodologia de Pesquisa e Monografia). Por vezes, ela leciona Química Geral para graduandos de diversos cursos da UF.

No início da carreira docente no Ensino Superior, Lizi se inspirava muito no que Cristiano e Maria faziam. Além disto, ela teve bastante apoio de Maria, que compartilhava com ela materiais didáticos, tais como planejamentos de aula, cronogramas curriculares de disciplinas, material pedagógico etc. Atualmente, Lizi se considera mais autônoma e inovadora, altera cronogramas curriculares disciplinares incluindo e redistribuindo tópicos de ensino e, às vezes, adicionando tópicos que ela nem havia estudado na Graduação ou na Pós-Graduação.

Um exemplo de mudança da prática de Lizi no Ensino Superior foi a alteração de modos de leitura, interpretação e discussão de textos com licenciandos. No início, isto ocorria a partir de produção de fichamentos para textos e, com o passar dos anos, deu espaço para outras práticas, tais como sabatina ou discussão e reflexão em grupo. Por exemplo, quando percebe que licenciandos não estão lendo os textos, ela retoma o uso de métodos mais tradicionais (como os fichamentos, estudos dirigidos, até mesmo avaliação escrita sobre os textos). Contudo,

situações como esta acontecem raras vezes, visto que ela tem bastante sucesso com práticas de ensino mais apoiadas no Construtivismo.

Para Lizi, atuar nos dois contextos de ensino (Médio e Superior) é muito diferente. Por mais que ela conduza o ensino de modo mais descontraído no Ensino Médio, ela gosta de envolver os estudantes em discussões. Mas, para isto, ela assume mais uma postura de autoridade, demarcando bem os limites e definindo com detalhes seus objetivos. Nesse contexto, ela busca escrever mais no quadro, corrigir mais exercícios etc. Por outro lado, no Ensino Superior, Lizi considera que o processo de aprendizagem fica mais a cargo dos estudantes, sendo esta a principal diferença em relação ao contexto anterior. Por geralmente lecionar para estudantes dos últimos períodos da Licenciatura em Química, Lizi considera que não há necessidade de impor tanto limites, solicitar disciplina e respeito, mesmo considerando que essas são ações comumente realizadas por seus colegas de trabalho.

Em aproximadamente 15 anos estudando contextos de ECFM, Lizi já elaborou, aplicou e refletiu sobre diversas atividades para a ECFM na Educação Básica e na Educação Superior. Por esses motivos é que a consideramos tanto experiente quanto especialista em ECFM.

4.1.3 Caracterização do Contexto Geral de Pesquisa

Em Educação em Ciências, a descrição do contexto geral de pesquisa é importante porque ambientes de ensino e aprendizagem são espaços socioculturais situados em realidades por vezes percebidos como universais, mas que, a partir de um olhar mais atento, muitas vezes, se mostram bastante idiossincráticos (ERICKSON, 2012).

No que tange a estudos sobre CPD, Cross e Lepaeur (2015) afirmam que eles precisam ser entendidos em sua relação aos contextos nos quais se manifestam. Diante disso, esses autores aconselham que, para fazermos inferências sobre componentes dos CPD é necessário acompanhar o ambiente de ensino e aprendizagem por um espaço de tempo. Assim, é possível identificar certa regularidade em estratégias de ensino adotadas por professores em relação ao seu contexto.

Nesta Tese, acompanhamos Lizi na promoção de um curso *de e sobre* ECFM. Este curso foi ofertado no âmbito do Programa de RP no qual licenciandos em Química da UF participavam.

O Programa de RP do Ministério da Educação (MEC), descrito no Edital 6/2018 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) foi lançado no Brasil em 2018. Neste Programa, são selecionadas Instituições de Ensino Superior, que ofertam cursos

de Licenciatura, para a implementação de projetos voltados para a Educação Básica que buscam a articulação entre teoria e prática nesses cursos (BRASIL, 2018). De modo geral, a CAPES define o Programa como “uma atividade de formação realizada por um discente regularmente matriculado em cursos de licenciatura e desenvolvida numa escola pública de Educação Básica, denominada escola-campo” (BRASIL, 2018, p. 1). Os licenciandos recebem uma bolsa para a participação nas atividades da RP. Ambientação com os espaços escolares, imersão à docência, planejamento e regência de atividades e aulas, elaboração de relatórios finais, avaliação e socialização de recursos pedagógicos são algumas atividades que eles devem realizar buscando contemplar a carga horária de 440 horas, exigidas em edital.

Neste contexto, os licenciandos bolsistas vivenciavam duas etapas principais: (i) formação e reflexão na UF; e (ii) observação (por exemplo, acompanhando o professor supervisor nos processos escolares) e atuação nas escolas conveniadas (por exemplo, realizando regência de aulas, supervisionados por esse professor). Na UF havia encontros semanais, geralmente à tarde, com duração aproximada de três horas, nos quais diferentes assuntos relacionados à RP eram discutidos. Participavam desse Programa 11 licenciandos em Química da UF que se encontravam em diferentes períodos do curso de Licenciatura.

4.1.3.1 O curso para a ECFM na Residência Pedagógica

O curso para a ECFM foi programado para ser realizado em sete ou oito encontros semanais, cada um com duração aproximada de três horas. Contudo, Lizi promoveu seis encontros com os licenciandos²⁵. Tais encontros ocorreram na UF, local de trabalho de Lizi, no segundo semestre de 2018. As principais intenções e os principais objetivos de Lizi eram dar oportunidade aos licenciandos de estudar sobre modelos e modelagem na Educação em Ciências, vivenciar atividades *de* modelagem e, em contrapartida, adquirir conhecimentos ‘práticos’ *sobre* modelos e modelagem. Isto ocorreria por meio da participação deles em atividades nas quais vivenciariam alguns dos principais desafios enfrentados por estudantes do Ensino Médio quando envolvidos em tais atividades. Com isto, Lizi também intencionava promover situações reflexivas sobre como promover a ECFM em suas aulas futuras. Para isso, ela adaptou sequências de ensino e atividades, ambas pautadas em práticas e processos de ensino de Ciências mais contemporâneos, com destaque para aqueles que visavam a promoção

²⁵ Lizi se afastou temporariamente do trabalho por motivos pessoais logo após o sexto encontro, interrompendo a sequência programada do curso antes de finalizá-lo.

da ECFM de estudantes. Isto deu origem ao roteiro de ensino que seria usado no curso para a ECFM.

Para promover a ECFM na RP, Lizi adaptou e utilizou sequências de ensino diversas e as estruturou sob um roteiro de atividades, o seu material instrucional. O roteiro completo e original²⁶ usado no curso continha diversas atividades que buscavam contemplar abordagens e assuntos importantes para a Educação em Ciências e estratégias de ensino para a ECFM.

Com relação específica às atividades de ensino que compõem o roteiro (brevemente descritas no quadro 4.1), algumas são agrupadas em sequências de ensino (como as atividades que integram a sequência de modelagem sobre polímeros). Outras são consideradas atividades individuais (como a atividade de modelagem do processo de produção do chocolate aerado e a atividade sobre representações de plantas de casas). Todas as sequências de ensino que se pautaram na ECFM que Lizi utilizou foram elaboradas por ela junto ao GP. A atividade de modelagem que se refere ao chocolate já havia sido aplicada por Lizi em outros contextos de formação de professores. Por sua vez, a sequência de atividades de modelagem sobre polímeros, havia sido aplicada por ela para estudantes do Ensino Médio um ano antes da nossa coleta de dados (em 2017).

Em relação à sequência de atividades de modelagem sobre polímeros, que consideramos a principal do roteiro por ser a mais abrangente, Lizi objetivava: (i) promover a capacidade dos estudantes para explicar algumas propriedades de tipos de polímeros (dos tipos plástico e borracha) a partir da elaboração de modelos para suas estruturas químicas; e (ii) utilizar os conhecimentos adquiridos na proposição de solução para problemas causados pela ampla utilização de polímeros na sociedade atual (JUSTI, *et al.*, 2017).

²⁶ Original porque o roteiro principal sofreu adaptações no desenvolvimento do curso com inserção de algumas atividades e exclusão de outras a partir das intenções e da realidade contextual vivenciada por Lizi.

Quadro 4.1 Descrição geral das atividades do roteiro de ensino para a ECFM aplicada no curso de RP. (continua)

Atividade	Objetivo(s)
Questionário Inicial	Identificar e discutir algumas ideias prévias dos licenciandos sobre temas que fazem parte do curso, tais como modelos, construção de modelos e Ciências.
Discussão sobre “O que é Ciência? - Alfabetização Científica e os objetivos do ensino de Ciências/Química”	
Questões iniciais	Promover discussão de aspectos gerais sobre o ensino de Química e caracterização de conhecimentos químicos que devem ser ensinados na Educação Básica.
Leitura e discussão do texto “Matriz de avaliação de Ciências” (p. 3-9), extraído do documento <i>PISA²⁷ 2015 Science Framework</i>	Promover a leitura do texto e discutir com os licenciandos sobre: Letramento Científico, suas definições e seu desenvolvimento nas aulas de Ciências; o que eles pensam sobre Ciências; e o que distingue conhecimento científico de outros tipos de conhecimentos.
Atividade da guardachuvologia	Promover a leitura do texto sobre uma possível Ciência denominada guardachuvologia; discutir se a guardachuvologia é ou não uma Ciência; discutir, a partir da leitura e discussão do texto, o que faz a guardachuvologia ser mais (ou menos) científica.
Discussão sobre a cientificidade de situações	Discutir: se situações apresentadas em uma lista seriam científicas ou não; o que faz uma situação ser ou não científica; como a Investigação pode ser introduzida no ensino de Ciências.
Leitura e discussão do texto “Nobel em Química 2011: Descoberta dos Quasicristais, uma Nova Classe de Sólidos” (CARACELLI, 2012)	Após a leitura do texto em casa, discutir: aspectos da História da Ciência a partir do caso; aspectos de NdC que permeiam o caso; o processo de elaboração de modelos no caso, relacionando-o à NdC.
Atividade sobre o papel das representações no Ensino de Ciências	Discutir sobre: representações em geral; aspectos de plantas de construção de casas; possibilidade de várias representações poderem explicar um mesmo fenômeno, porém de maneiras diferentes. A partir disso, relacionar representações a modelos.
Modelagem de Contexto Cotidiano	
Modelagem sobre o processo de produção do chocolate <i>Suflair</i> ²⁸	Oportunizar aos licenciandos a vivência nas etapas de modelagem a partir de uma situação cotidiana (o processo de produção do chocolate <i>Suflair</i> , um chocolate aerado).

²⁷ *Programme for International Student Assessment* (OCDE, 2013).

²⁸ Nesta Tese, por questões de estética, suprimimos o símbolo ® (que remete à marca) em outras ocorrências do termo *Suflair*. Além disso, a partir daqui, substituímos a expressão “modelagem do processo de produção do chocolate *Suflair*” por “modelagem do *Suflair*” tal como Lizi se referia à ela no curso.

Quadro 4.1 Descrição geral das atividades do roteiro de ensino para a ECFM aplicada no curso de RP. (continuação)

Atividade	Objetivo(s)
Questionário sobre a modelagem do <i>Suflair</i>	Caracterizar a vivência dos licenciandos na atividade de modelagem do <i>Suflair</i> ; fomentar reflexões dos licenciandos sobre a vivência neste processo.
Discussão sobre o processo de modelagem do <i>Suflair</i>	Discutir: os modelos do <i>Suflair</i> elaborados pelos licenciandos; conhecimentos prévios utilizados por eles na atividade; aspectos de NdC que surgiram durante a atividade; dificuldades enfrentadas por professores no contexto de ECFM.
Modelagem de Contexto Científico	
Pensando sobre os polímeros	Contextualizar e direcionar a atenção dos licenciandos para o tema polímeros; favorecer a reflexão sobre impactos dos polímeros na sociedade a partir da consideração da quantidade de uso no dia a dia, assim como das vantagens e desvantagens de seus usos.
Pesquisa sobre a Legislação para o descarte de lixo	Discutir a Legislação referente ao descarte de lixo, principalmente sobre plásticos e lixo eletrônico.
Características de diferentes polímeros	Obter e discutir com os licenciandos informações que possam auxiliar na etapa de <i>criação</i> do protomodelo para estrutura e comportamento de polímeros; discutir e refletir sobre pré-requisitos essenciais à elaboração de modelos para a estrutura e comportamento de plásticos; solicitar que eles façam previsões sobre a tentativa de dobra dos materiais pedaços de sacola plástica e de carcaça de TV; promover experimentos de tentativa de dobra destes materiais.
Tentando explicar as diferentes características dos plásticos	Promover condições aos licenciandos para elaborar modelos no nível submicroscópico para os materiais sacola plástica e carcaça de TV, na busca por explicações para suas estruturas químicas e propriedades; promover o estabelecimento de relacionamentos entre o comportamento dos materiais, suas propriedades e estruturas químicas (etapas de <i>criação</i> do protomodelo e de sua <i>expressão</i>).
Discussão sobre o processo de tentativa de dobra dos materiais pedaços de sacola plástica e de carcaça de TV	Discutir os modelos elaborados para a estrutura e comportamento dos pedaços de sacola plástica e carcaça de TV frente à previsão e tentativa de dobra (podendo ocorrer quaisquer etapas da modelagem nesse contexto).
Testando modelos	Solicitar aos licenciandos que façam previsões sobre o comportamento daqueles materiais-frente ao seu aquecimento; promover experimentos de aquecimento dos materiais; promover condições aos licenciandos para (re)elaborar modelos no nível submicroscópico para os materiais buscando relacionar suas estruturas químicas às suas propriedades frente ao aquecimento (etapas de <i>criação</i> do protomodelo e de sua <i>expressão</i>).
Discussão sobre o processo de aquecimento dos materiais pedaços de sacola plástica e de carcaça de TV	Discutir os modelos elaborados para a estrutura e comportamento daqueles materiais frente ao experimento de aquecimento dos mesmos (podendo ocorrer quaisquer etapas da modelagem nesse contexto).

Quadro 4.1 Descrição geral das atividades do roteiro de ensino para a ECFM aplicada no curso de RP. (continuação)

Atividade	Objetivo(s)
Utilizando o modelo em outro contexto	Oportunizar a avaliação dos modelos elaborados anteriormente a partir da realização dos mesmos procedimentos realizados com os pedaços de sacola plástica e de carcaça de TV (previsões, tentativas de dobra e aquecimento) com pedaços de pneus; promover discussões sobre a <i>abrangência e limitações</i> dos modelos elaborados, dependendo de como os modelos consensuais da turma evoluíram até o momento (apesar de a atividade ter sido planejada para favorecer a ocorrência da etapa de <i>avaliação</i> , podem ocorrer <i>testes</i> , caso o modelo do grupo ainda não tenha satisfeito seus objetivos).

Fonte: O autor.

Em todas as atividades do roteiro usadas no curso de RP, há apontamentos e instruções adicionais feitas pelos criadores das atividades sobre condução do processo, questionamentos a serem realizados pelo professor, e orientações sobre ações que podem ser promovidas para o bom desenvolvimento das atividades junto aos estudantes. Esse desenvolvimento foi acompanhado, registrado e analisado por nós.

4.2 Panorama da Coleta de Dados

Erickson (2012) orienta para que pesquisadores estejam atentos para situações promissoras da pesquisa antes mesmo de iniciá-la. Por isso, ele afirma que, em geral, planejar estratégias de coleta de dados no início da pesquisa auxilia a antecipar a variedade de tipos, fontes e quantidades de evidências que serão necessárias para tirar conclusões confiáveis e apresentá-las em um relatório. Isto ocorreu nesta pesquisa de Doutorado quando planejamos, inicialmente quais métodos de coleta de dados (mais detalhados a seguir) utilizaríamos, onde e quando, para investigar os CPD sobre modelos e modelagem de Lizi em contexto de ECFM.

Chan, Rollnick e Gess-Newsome (2019) afirmam que há pesquisas que sugerem que a qualidade de uma investigação sobre CPD de professores de Ciências pode ser diferente quando diferentes fontes de dados são usadas. Isto ganha mais consistência quando os CPD de professores são investigados a partir de suas ações docentes ou de artefatos que eles produzem para ensinar Ciências. Nessas fontes de dados, tais CPD, sobretudo os PCK, se tornam mais claros e constituem o que os autores chamam de “movimentos pedagógicos”.

Park e Suh (2019) explicam que para se ter uma visão mais ampla desses movimentos, é preciso que dados de observações sejam complementados com dados de entrevistas sobre

aspectos da sala de aula. Concordamos com esses autores sobre a importância de tais fontes de dados nas pesquisas sobre o tema. Porém, além delas, no momento de escolher os métodos de coleta de dados, optamos também por produzir notas de campo e realizar entrevistas com Lizi, não apenas sobre situações de sala de aula, na perspectiva do presente. Também planejamos uma entrevista inicial para obtermos informações que extrapolassem aquele contexto instrucional específico, mas que pudessem se relacionar a ele. Nesse sentido, endossamos o que Henze e van Driel (2015) afirmam sobre vários métodos de coleta de dados poderem auxiliar na “identificação” mais consistente da complexidade dos CPD. Além disto, defendemos que o uso de um conjunto mais amplo de métodos de coleta de dados em pesquisas sobre CPD favorece e potencializa a validade e a confiabilidade de uma investigação qualitativa.

Em consonância com isto, após conhecimento do cronograma criado por Lizi para a ocorrência dos encontros do curso, nos preparamos para coletar dados de modo a conhecer e investigar aspectos de sua prática docente relacionados às suas trajetórias escolares, acadêmicas e profissionais relacionadas à ECFM e à sua prática docente no curso para a ECFM.

Sobre aspectos da história docente de Lizi, realizamos uma entrevista inicial (semiestruturada) ampla com essa professora. Sobre a prática docente relacionada ao curso para a ECFM, realizamos entrevistas não-estruturadas pré e pós-encontros, observação e registro dos encontros que ela promovia, produção de notas de campo e recolhimento de artefatos que ela produziu (por exemplo, textos para leitura, roteiros de atividade e planejamentos de aula).

Chan e Hume (2019) caracterizam a fase de coleta de dados relacionada à entrevista pré-encontro como fase pré-ativa; coleta de dados na fase de observação das ações da professora como fase ativa (ou interativa); e coleta em entrevista pós-encontro como fase pós-ativa. Complementamos esta última etapa de coleta de dados com o recolhimento de artefatos de ensino estruturados e utilizados por Lizi, e pela produção de notas de campo.

Assim como Carlson e colaboradores (2019) constataram, este movimento que realizamos de coletar dados das instruções de Lizi nos encontros a partir de videogravações e de realizar entrevistas não-estruturadas com ela antes e depois das instruções forneceu uma visão mais situada dos CPD sobre modelos e modelagem que ela manifestava na prática e, com mais ênfase, dos seus ePCK. Isto porque planejando ou refletindo sobre as instruções, Lizi apresentou evidências de manifestação de ePCK, o que nos permitiu examinar mais diretamente seus ciclos de raciocínio pedagógico. Por outro lado, não deixamos de considerar uma limitação deste movimento que se relaciona à realização de entrevistas pós-encontro: as pessoas são incapazes de se lembrar exatamente de todos os detalhes do que estavam pensando, quando

realizavam ações de ensino, após certo espaço de tempo no qual elas ocorreram (LEIGHTON, 2004). Contudo, concordamos com Alonzo, Berry e Nilsson (2019) ser impossível perguntar a professores, antes e após cada ação realizada, aspectos de planejamento e reflexão sobre suas ações no ato de ensinar. Isto exige que professores ‘pensem em voz alta’ enquanto ensinam (isto é, articulando o raciocínio pedagógico associado ao planejamento, ato de ensinar e reflexão *no ensino*), o que não é viável em ambientes reais de sala de aula. Assim, a melhor alternativa pela qual a maioria dos pesquisadores opta é recorrer a entrevistas sobre a prática fora do contexto de ensino em sala de aula para “tentar recapturar ou simular aspectos do ciclo de planejar-ensinar-refletir que acontecem durante a instrução” (ALONZO; BERRY; NILSSON, 2019, p. 281). Uma maneira que encontramos para minimizar essas limitações foi realizar as entrevistas pré e pós-encontros momentos, respectivamente, logo antes e logo após esses encontros.

A seguir, detalhamos cada uma das fontes de dados que utilizamos e apresentamos uma breve descrição dos encontros ocorridos no curso. Além disso, mais detalhes sobre como ocorreu a produção de dados deste estudo são informados, com vistas a atender cada uma das QP que o orientam. Devido à variedade de dados, tais detalhes são apresentados em etapas e fases. Isto é importante principalmente para fornecer ao leitor uma visão geral do caso e do contexto no qual os dados foram coletados sem perder de vista as suas especificidades.

4.2.1 *Entrevistas Realizadas com a Professora*

Cunha (1997) afirma que um professor constrói sua performance a partir de inúmeras referências. Dentre elas, têm destaque sua história familiar, seus percursos escolares e acadêmicos, sua convivência com o ambiente de trabalho e sua inserção cultural no tempo e no espaço. Diante disto, a autora destaca que provocar em professores a organização de narrativas que evidenciem essas referências contribui para fazê-los viver um processo profundamente pedagógico.

A trajetória da pesquisa qualitativa considera o fato de que tanto os relatos da realidade produzem a história como eles mesmos produzem a realidade. Em tais relatos, os indivíduos contam suas experiências, crenças e expectativas, ao mesmo tempo em que anunciam novas possibilidades, intenções e projetos. Isso implica que, em algumas vezes, torna-se desafiador dissociar aquilo que foi vivido do que ainda está por viver. Diante disso, experiência e narrativa se conectam e se tornam parte da expressão de vida de um sujeito (CUNHA, 1997).

Cunha também relata que, no campo da Pesquisa Qualitativa em Educação, as entrevistas têm esse papel e têm sido usadas como um importante método instrumental de coleta de dados. Ao se usar este método na investigação, é necessário ouvir o que o entrevistado relata e é fundamental ter consciência de que é quase impossível não haver algum tipo de interferência do entrevistador, especialmente na (re)interpretação de dados, de modo a compreender seus significados. Essa autora ainda esclarece que, de alguma forma, a investigação que usa narrativas pressupõe um processo coletivo de mútua explicação em que a vivência do investigador se imbrica à do investigado (CUNHA, 1997).

Cross e Lepareur (2015) também consideram importante a realização de entrevistas nos estudos sobre CPD de professores de Ciências, especificando que isto resulta na obtenção de informações sobre os percursos escolares, acadêmicos e profissionais de professores, o que consubstancia a caracterização de CPD; contribui para um entendimento mais amplo de seus aspectos numa perspectiva de médio e longo prazo; e para a visualização de um cenário mais completo de manifestação de seus CPD. Isto é algo importante para nós porque a compreensão de como, quando e por que professores manifestam CPD é favorecida por suas histórias, que podem informar aspectos relacionados, por exemplo, a crenças, bases formativas, valores, identidade e experiências anteriores que podem influenciar diretamente naquilo que fazem.

Tais considerações podem ser relacionadas à ideia de ação mediada, proposta por Wertsch (1998). Segundo este autor, quaisquer ações mediadas possuem um passado peculiar demarcado por caminhos de desenvolvimento, isto é, têm uma origem e, tanto elas quanto os meios mediacionais (na educação, recursos educacionais), evoluem com o tempo. Desse modo, este autor considera que muitas vezes, passados dos artefatos culturais e das habilidades e experiências dos sujeitos se interrelacionam num processo evolutivo a partir do qual pode se tornar complexo saber o quê ou quem realmente evolui historicamente: os sujeitos e suas habilidades ou as ferramentas culturais que ele emprega. Portanto, para reconhecer isso, é necessário olhar para o passado, para as origens dos fenômenos (no nosso caso relações de Lizi com modelos e modelagem) e buscar remontar a história de desenvolvimento dessa relação para compreender melhor como práticas na perspectivas do presente são realizadas (influenciadas por aquilo que já ocorreu).

Nesta pesquisa, dois modelos básicos de entrevistas foram criados e utilizados: a entrevista inicial ampla e as entrevistas pré e pós-encontros. Todas elas foram registradas usando uma câmera filmadora e um gravador de áudio. Schraiber (1995) destaca a relevância de registrar entrevistas em pesquisas qualitativas porque, amplia-se a captação de elementos de

comunicação que são de extrema importância, tais quais pausas de reflexão, dúvidas, ou entonação da voz, favorecendo o aprimoramento da compreensão da narrativa. Rojas (1999) também salienta que gravadores usados em entrevistas preservam o conteúdo original e aumentam a precisão dos dados coletados, pois permitem maior atenção do entrevistador, que pode revisar os dados quando necessário. O uso dos dois equipamentos, câmera filmadora e gravador portátil, também foi importante para nos dar maior segurança de que os dados seriam registrados pelo menos por um deles, tendo em vista a possibilidade de ocorrência de algum problema técnico. A seguir, descrevemos os dois modelos de entrevistas usados e suas principais características.

4.2.1.1 Entrevista Inicial

Como já informado, fizemos uma entrevista inicial ampla com Lizi, cujo roteiro básico é apresentado no Apêndice 1. Identificamos tal entrevista como ‘inicial’ porque ela ocorreu antes do início do curso para a ECFM e como ‘geral’ porque visava sondar aspectos amplos relacionados à sua história docente.

Pelas características das perguntas que constituem o roteiro desta entrevista inicial ampla, a classificamos como ‘entrevista de narrativa’, explicada por Jovchelovitch e Bauer (2013) como um método para a compreensão aprofundada das informações fornecidas pelos sujeitos a partir de um esquema de perguntas e respostas relacionadas às ações promovidas, levando em conta contextos temporais, situacionais e motivacionais. Dessa maneira, é importante que a entrevista de narrativa busque a compreensão dos contextos em que as experiências foram construídas e o reconhecimento dos fatores que produziram mudanças e motivaram as ações dos entrevistados.

Essa entrevista inicial ampla também se caracteriza como uma entrevista semiestruturada. Merriam (2009) afirma que este é um dos modelos de entrevistas mais utilizados em pesquisas qualitativas em Educação, sendo guiadas por um roteiro de questões conduzidas de modo flexível e com ampliação dos questionamentos, à medida que as informações são fornecidas pelo entrevistado. Nossa entrevista inicial teve essa característica porque ela foi feita a partir de um roteiro predeterminado de perguntas que, no decorrer do processo de entrevista, serviram como base para o entrevistador. Além disso, em função de respostas específicas, algumas perguntas foram adaptadas, além de também ter ocorrido a inserção de outras perguntas, necessárias para melhor esclarecimento de aspectos específicos,

ou a inversão de ordem de algumas perguntas. Isso sustentou a característica flexível do roteiro necessária em entrevistas semiestruturadas (MERRIAM, 2009).

Como já informamos, parte dos dados coletados nesta etapa foi utilizada para caracterizar o perfil geral de Lizi. Outra parte serviu para o reconhecimento de experiências anteriores da professora em contextos de ECFM. Tais dados contribuíram para explicitar informações que sustentaram a caracterização e análise de seus CPD sobre modelos e modelagem.

O roteiro de entrevista (Apêndices 1) que produzimos foi constituído por 28 perguntas organizadas em seis tópicos gerais. Esses tópicos, se referiam a aspectos: (i) da formação escolar e acadêmica de Lizi (desde o Ensino Fundamental ao Doutorado); (ii) de sua formação como pesquisadora (da Pós-Graduação ao Pós-Doutorado); (iii) de sua carreira no Magistério quando era professora substituta na Instituição na qual ela se formou; (iv) e de sua carreira no Magistério enquanto professora efetiva na UF em que promoveu o curso. Dados relacionados a tais aspectos subsidiaram a caracterização geral do perfil da professora. Em termos específicos relacionados à EFCM, destacamos: (i) experiências com a ECFM em suas trajetórias escolares e acadêmicas; (ii) experiências com a ECFM em suas trajetórias profissionais; e (iii) maneiras como ela planeja suas aulas para a ECFM. Dados relacionados a estes aspectos foram usados para a caracterização e análise dos seus CPD sobre modelos e modelagem.

O pesquisador, autor da Tese, elaborou o roteiro e o apresentou à orientadora da pesquisa. Ambos discutiram as questões e fizeram ajustes em algumas delas a partir da necessidade de (i) tornar as perguntas mais claras; (ii) suprimir questões que poderiam resultar em respostas semelhantes; (iii) adicionar elementos que eram de interesse na pesquisa; (iv) diminuir possibilidades de ambiguidades entre os itens etc.

Para a realização desta entrevista, pré-agendamos um horário com Lizi no dia do primeiro encontro do curso, mas antes de ele acontecer. Antes de iniciarmos a entrevista, explicamos à Lizi o objetivo geral daquele procedimento, pautados nos seis tópicos do roteiro. Além disto, salientamos o direito ao sigilo profissional e à interrupção da entrevista, caso fosse de seu interesse. Somente ao término dessas orientações e após o livre consentimento e autorização expressa (FALCÃO; TÉNIES, 2000) de Lizi é que preparamos os equipamentos e iniciamos a entrevista.

Lizi demonstrou estar à vontade com as perguntas o que, para nós, se refletiu na qualidade de seus relatos. A entrevista teve duração aproximada de uma hora e vinte minutos,

um pouco mais do que o planejado. Armazenamos os registros em três mídias digitais diferentes para posterior tratamento.

Consideramos a entrevista exploratória inicial importante porque ela possibilitou concluir que as práticas realizadas por Lizi, e que foram observadas e analisadas por nós, refletiram experiências anteriores, seja em termos de formação, seja em termos de atuação docente. Além disto, a opção pela entrevista de narrativa semiestruturada contribuiu para a obtenção de dados que oportunizaram a produção de textos narrativos sobre as experiências vividas por Lizi.

4.2.1.2 Entrevistas Pré e Pós-encontros

As entrevistas pré e pós-encontros que realizamos podem ser classificadas como entrevistas não-estruturadas. Segundo Laville e Dione (1999), em entrevistas não-estruturadas não há um roteiro formal predeterminado de modo que o entrevistado decide pela forma de construir os relatos. Mattos (2005) explica que, quando feita face a face, a entrevista não-estruturada se assemelha mais a um diálogo, uma situação de interação e, diante disso, é menos relevante a simetria e/ou regularidade do processo.

Em todos os casos, o pesquisador (autor da Tese) iniciava a entrevista como uma conversa, perguntando à Lizi aspectos do planejamento (nas entrevistas pré-encontros) ou das reflexões sobre o encontro do dia (nas entrevistas pós-encontros).

Vale salientar que tanto a entrevista na fase pré-ativa quanto a entrevista da fase pós-ativa subsequente cumprem a função de elucidar quais eram as observações, percepções e avaliações que Lizi fazia antes e após a atividade de ensino. Para Park e Suh (2019), investigar tais ideias nesses dois momentos permite focar no raciocínio pedagógico por trás de suas decisões e práticas instrucionais. Por isso, essas autoras consideram este um método de coleta de dados chave para pesquisar o raciocínio pedagógico subjacente à utilização dos ePCK_T. Basicamente, o que diferenciava as duas entrevistas era que a pós-encontro, ocorria com Lizi refletindo logo após o ensino. Em contrapartida, a entrevista da fase pré-ativa subsequente (antes do próximo encontro) permitia à professora uma reflexão a médio prazo (em média, uma semana) a partir da revisitação ao planejamento anterior, alteração do mesmo e tomada de decisões necessárias para continuidade nas atividades.

A escolha deste estilo de entrevistas trouxe vantagens no que se refere a trazer à luz aspectos que realmente eram relevantes para a professora a partir de seus planejamentos e reflexões. Por outro lado, uma limitação que observamos foi o fato de que, por não ser guiada

tal como uma entrevista semiestruturada, perdemos oportunidades de perguntar alguns aspectos que poderiam ser importantes e que, porventura, não foram explicitados por ela. Porém, isso só ficou mais claro para nós após iniciada a análise dos dados. Neste momento, poderíamos ter utilizado, por exemplo, uma entrevista *recall* (FALCÃO; GILBERT, 2005) visando auxiliar no esclarecimento de informações coletadas. Entretanto, isto se mostrou inviável devido à nossa tentativa de garantir a exequibilidade da pesquisa; sua realização demandaria mais tempo do pesquisador e da professora pesquisada em termos do planejamento, da construção e da validação dessa entrevista pelo pesquisador e orientadora; e a manutenção da coerência do percurso metodológico que havíamos delineado e que estava em andamento, uma vez que perderíamos de vista a aproximação mais imediata das declarações da professora (entrevistas das fases pré-ativa e pós-ativa) aos fatos ocorridos (fase ativa). Descrevemos, na sequência, aspectos específicos das entrevistas pré e pós-encontros.

4.2.1.3 Fase Pré-ativa e Entrevistas Pré-encontros

Chan e Hume (2019) explicam que a fase pré-ativa é a fase de planejamento que envolve a descrição geral do que o professor pretende promover na sala de aula, bem como suas expectativas gerais sobre o que será desenvolvido como atividades. No contexto do curso, a caracterização da fase pré-ativa foi contemplada com as entrevistas pré-encontros, principal instrumento de coleta de dados nesta fase, e complementada com os textos teóricos, roteiros e planejamentos das atividades fornecidos por Lizi. Nossas intenções nesta fase eram obter dados que favorecessem a identificação e caracterização principalmente dos ePCK_P.

Para isso, combinamos com Lizi de nos encontrarmos cerca de 20 minutos antes de cada encontro começar para fazermos as entrevistas. Nesse tempo, solicitamos que ela dissertasse sobre o encontro destacando suas intenções e objetivos, seu planejamento, suas ideias gerais para o encontro, suas expectativas frente à condução das atividades e ao envolvimento dos licenciandos em tais atividades²⁹.

Ao todo, foram realizadas cinco entrevistas pré-encontro. Ressaltamos que não realizamos a entrevista pré-encontro referente ao primeiro encontro porque, de acordo com Lizi,

²⁹ Na primeira entrevista, explicamos a Lizi que nossos objetivos eram que ela dissertasse sobre estes pontos. A partir da segunda entrevista pré-encontro, isto já não foi necessário e interferimos em suas declarações apenas quando algum desses elementos não eram explicitados por ela.

ele seria destinado basicamente à aplicação de um questionário para sondar os conhecimentos prévios dos licenciandos sobre aspectos do ensino de Ciências, modelos e modelagem.

Uma das nossas justificativas para a realização dessas entrevistas corrobora constatações de Rollnick e Mavhunga (2015) e Chan, Rollnick e Gess-Newsome (2019) de que pesquisas vêm indicando uma relação positiva entre os raciocínios pedagógicos elaborados na fase pré-ativa e as tomadas de decisão na fase ativa. Além disso, inferimos que as entrevistas pré-encontros foram importantes para a identificação, caracterização e análise dos *CPD*, sobretudo, dos *ePCK_P* mobilizados por Lizi ao planejar o roteiro de ensino e cada um dos encontros do curso. Ainda no contexto desses *ePCK_P*, tais entrevistas possibilitaram elucidar, por exemplo: informações fornecidas por Lizi que nos auxiliaram na melhor compreensão das etapas que se seguiriam a partir do planejamento da sequência de ensino; suas percepções sobre seus modos de planejar os encontros; aspectos que possivelmente seriam alterados no planejamento de encontros seguintes. Sobre este último ponto, houve encontros nos quais Lizi não conseguiu desenvolver tudo o que havia planejado. No momento dessas entrevistas, ela pôde justificar o porquê disto ter ocorrido, nos explicar quais as soluções, adaptações no seu planejamento e decisões relacionadas aos encontros que deveriam ser tomadas para o bom seguimento do curso.

4.2.1.4 Fase Pós-ativa e Entrevistas Pós-encontros

A fase pós-ativa sucede a fase de ensino, envolvendo basicamente a reflexão do professor sobre a prática em geral, as ações específicas que ele mobilizou e sobre percepções gerais do contexto (como estudantes e aspectos que influenciaram nas instruções) (CHAN; HUME, 2019), ou seja, *ePCK_R* são os principais conhecimentos almejados.

Park e Suh (2019) explicam que, caso os planejamentos de encontros subsequentes já tenham sido feitos, é provável que eles sejam adaptados a partir do ciclo de ensino anterior. Por isso, consideramos que a fase pós-ativa serve como um ponto de partida para possíveis adaptações em planejamentos de encontros futuros explicitando, também, os *ePCK_P* (o que influencia na dinâmica da organização mais geral do que se pretende fazer).

Um de nossos objetivos iniciais era promover situações para que Lizi refletisse sobre o que fazia nos encontros do curso. Conseguindo isto, poderíamos caracterizar principalmente os *ePCK_R* manifestados por ela no contexto de reflexão sobre a ação, uma vez que suspeitávamos que outros *CPD* também poderiam se manifestar nesse e nos outros contextos de entrevistas. Para isso, as entrevistas não-estruturadas seguiram uma orientação semelhante a usada nas

entrevistas da fase pré-ativa. Assim, combinamos com Lizi para que, ao final dos encontros, ela disponibilizasse cerca de 20 minutos para esse procedimento.

Decorridos os encontros e após os licenciandos se retirarem da sala de aula, solicitamos que ela dissertasse sobre aspectos ocorridos durante sua atuação que mereciam considerações. Foram feitas entrevistas pós-encontros em todos os seis encontros. Algumas declarações de Lizi se caracterizaram como ações para nos explicar situações que ocorreram e/ou aspectos especiais que ela gostaria de compartilhar conosco. Outras declarações de Lizi se relacionavam a quais situações desviaram do seu planejamento, se ela atingiu seus objetivos; como ela avaliava os estudantes; etc. Nesse contexto reflexivo, destacaram-se momentos de reflexão sobre ações que ela pretendia desenvolver nos encontros futuros.

Nesta mesma linha, Park e Suh (2019) afirmam que entrevistas nessa fase são eficazes para examinar reflexões que se referem a pensamentos, decisões e motivos das ações dos professores, ou seja, seu raciocínio pedagógico a partir da ação. Por outro lado, Grangeat e Hudson (2015) destacam a importância desse processo reflexivo por permitir focar a atenção e avaliar a qualidade epistêmica da análise didática prévia – durante a fase de planejamento (ePCK_P) – e das práticas em sala de aula – durante as ações de ensino (ePCK_T).

Nessas entrevistas, conseguimos elucidar: reflexões da professora tanto sobre o planejamento quanto o ensino; expectativas alcançadas e não alcançadas; situações de ensino que tiveram importância decisiva para alguma tomada de decisão que não havia sido planejada; expectativas para os próximos encontros; dificuldades identificadas em momentos específicos; adaptações que precisariam ser feitas nos planejamentos subsequentes e justificativas para as mesmas. Além disso, essas entrevistas contribuíram para que tivéssemos acesso às considerações imediatas de Lizi sobre o encontro recém-terminado e suas percepções sobre o processo, a curto prazo, que sustentaram uma melhor caracterização de seus CPD. Entre os pré e pós-encontros, ocorriam os encontros do curso para a ECFM que caracterizaram a fase ativa de ensino, sobre a qual tratamos a seguir.

4.2.2 Fase Ativa: Observação e Registro dos Encontros

Em uma investigação científica, a observação controlada e sistemática é um processo autêntico que requer um planejamento adequado e preparação prévia do observador/pesquisador (LÜDKE, 1986). Tal processo deve ocorrer em meio a condições específicas, circunstâncias em que o contexto natural ou artificial de um fenômeno social se manifesta ou se reproduz (REYNA, 1997).

Barton e Ascione (1984) destacam elementos (por exemplo o(s) sujeito(s) de uma comunidade situada e/ou condições, meios e sistemas de conhecimentos) em torno dos quais circunstâncias observacionais em potencial relacionadas ao objeto de estudo se manifestam.

Cross e Lepaeur (2015) afirmam que a observação em contextos educacionais requer decisões importantes e criteriosas de um pesquisador. Concordamos com isto, visto que, para atender aos objetivos desta pesquisa, foi preciso pensar em aspectos da observação (necessária no processo) e discuti-los (pesquisador e orientadora) para que ela ocorresse de modo efetivo. Especificamente, um dos nossos principais objetivos era investigar ações de Lizi para promover a ECFM³⁰. Para isso, consideramos ser preciso investigar situações de sala de aula nas quais ela promovia a ECFM. Assim, buscamos sondar na literatura em Educação como pesquisas com focos semelhantes se desenvolveram e planejamos uma metodologia de investigação que se pautava em observação de sala de aula que pudesse produzir dados interessantes. Esse processo de observação foi realizado na fase ativa (ou interativa), fase em que ocorre a prática de ensino propriamente dita, na qual um professor ensina aos estudantes promovendo ações pedagógicas (ePCK_T), principal aspecto que a caracteriza (CHAN; HUME, 2019).

Cross e Lepareur (2015) identificam que a observação em pesquisas sobre CPD: (i) possibilitar compreender melhor o papel desses CPD no momento da atuação docente, na educação (uma vantagem); e (ii) não nos fornece um cenário completo dos CPD, visto que os dados gerados capturam apenas parte das atividades desenvolvidas por um professor (uma desvantagem), algo já indicado em pesquisas anteriores (BAXTER; LEDERMAN, 1999; LOUGHRAN, MULHALL; BERRY, 2004). Por isso, Cross e Lepareur (2015) orientam que pesquisas sobre CPD incorporem métodos que visem um amplo entendimento dos CPD manifestados por um professor e de como os contextos podem influenciar suas ações.

Nesta pesquisa, a observação na fase ativa pode ser tipificada como observação não-participante, visto que o pesquisador frequentou o local de coleta de dados observando e registrando a realidade buscando, ao máximo, não influenciar diretamente nela (LIU; MAITLIS, 2010; MARCONI; LAKATOS, 2010). Liu e Maitlis (2010) explicam que isto

³⁰ Assim como Cross e Lepaeur (2015), também reconhecemos que esse movimento é influenciado por o que os estudantes fazem no contexto das aulas (estratégias que adotam, perguntas que dirigem à professora etc.). Mesmo que tais ações dos licenciandos não tenham sido analisadas diretamente (por fugirem ao escopo de nossas QP), elas foram consideradas como contexto de interação entre eles e Lizi (ver Apêndice 2). Assim, não ignoramos a importância das ações estudantis como elemento essencial do contexto de sala de aula.

tipifica uma observação não-participante como *aberta*, caso em que os participantes entendem que o observador está no contexto de coleta para fins de pesquisa. Isto foi claramente definido quando Lizi o apresentou à turma no início do curso e explicou tanto os motivos de sua presença na sala de aula quanto o que ele iria fazer naquele contexto: focar seus registros apenas em sua performance docente sem se envolver diretamente nas discussões que seriam realizadas.

4.2.2.1 *Produção de Notas de Campo sobre Aspectos da Observação*

Produção de notas de campo são ações de registro de dados que consistem em anotar aspectos da realidade investigada que auxiliam na descrição, análise e interpretação do objeto estudado (TONIN *et al.*; 2018). Além disto, Starke e Strohschneider (2010) afirmam ser útil produzir e manter registros de pesquisa contendo notas de campo sobre evidências, bem como notas pessoais (descrevendo percepções ou perguntas) para lidar com a complexidade do que se pesquisa e para documentar o processo de raciocínio do próprio pesquisador.

No caso deste estudo, a produção de notas de campo foi um procedimento menos formal utilizado pelo pesquisador, tendo as mesmas sido predominantemente do tipo descritivas. Neste tipo, registra-se puramente a descrição da observação, relatando apenas aspectos especiais observados (HUTCHISON, 2010). Para a produção de notas de campo, informações foram registradas em um caderno enquanto o pesquisador controlava a videogravação da performance de Lizi no curso. Posteriormente, as notas de campo foram utilizadas em conjunto com as videogravações. No nosso caso, anotações mais recorrentes se relacionaram a: movimentos pedagógicos da professora, aspectos de seus discursos, comportamentos gerais dos licenciandos, alguma situação específica que ocorria nos encontros e que, posteriormente, merecia atenção mais aprofundada; eventos de interesse que se relacionavam intrinsecamente com os objetivos da pesquisa, alguma ideia do pesquisador surgida durante a observação; informações da experiência de observação que pudessem servir como material de análise.

4.2.2.2 *Videogravação dos encontros*

Chan e Hume (2019) consideram que videogravação é um método de registro de dados importante na observação que permite analisar situações autênticas de salas de aula. A partir delas, é possível investigar como professores compartilham seus conhecimentos em contextos de sala de aula, algo que não pode ser alcançado, por exemplo, somente a partir de declarações de professores oriundas de entrevistas. Diante disso, consideramos que as videogravações são importantes por permitir (i) captar com um bom grau de fidelidade aspectos que vão além da

fala (GARCEZ; DUARTE; EISENBERG, 2011); (ii) observar contradições entre discurso e comportamento (PINHEIRO; KAKEHASHI; ANGELO, 2005); (iii) revisitar os dados quando necessário, isto é, oportunizar inúmeras leituras e desfazer possíveis erros por meio da retomada do conteúdo gravado (LEONARDOS; FERRAZ; GONÇALVES, 1999); e (iv) sustentar uma visualização seletiva do que é de interesse do pesquisador de acordo com suas QP (SADALLA; LAROCCA, 2004). Além disso, Liu e Maitlis (2010) endossam valores deste método afirmando que ele não garante apenas a observação da prática, mas também permite que o pesquisador e outros revisitem um registro fiel dos dados muito depois que o trabalho de campo for concluído.

Para a videogravação dos encontros, nos equipamos com uma câmera filmadora (principal instrumento de registro da fase ativa) e tripé, além de um gravador portátil (instrumento secundário) que foram utilizados para registrar em vídeo aspectos da prática de Lizi no ato de ensinar. Isto foi importante para que registrássemos tanto a sua ação performática quanto o discurso da sala de aula. Isso auxiliou na identificação de turnos de falava, o que contribuiu para melhor compreensão do contexto comunicativo, uma vez que o olhar e o direcionamento corporal de Lizi indicavam a quem ela se referia (à turma como um todo, a grupos específicos ou a licenciandos específicos). Os registros obtidos com o gravador portátil (por ser mais limitado por não registrar a ação performática dos sujeitos) complementaram os registros feitos a partir da videogravação. Por outro lado, tal equipamento captou melhor o áudio por ter sido colocado próximo à professora.

A câmera filmadora foi posicionada ao fundo da sala para que pudéssemos registrar a ação performática de Lizi de um modo mais completo, uma vez que ela era nosso sujeito de pesquisa e se comunicava com os licenciandos quase sempre na frente da sala. Tomamos o cuidado de não registrar imagem dos licenciandos, tal como fizemos da professora³¹. Enquanto manipulava a câmera, movimentando-a de acordo com o deslocamento da professora, o pesquisador responsável também redigia informações nas notas de campo. Vale salientar que esse procedimento recebeu autorização prévia da professora e da Instituição, como regulamentam os documentos relacionados à ética da pesquisa (OLIVEIRA, 2021). Reconhecemos que a videogração e a posterior seleção de aspectos de destaque são realizações intencionais a partir de focos desejáveis, por isto, não isentas de influências dos pesquisadores.

³¹ Contudo, realizamos gravação em áudio de falas de licenciandos e notas de campo de seus comportamentos gerais (como organização, participação) e específicos (como turnos de fala e quem falava). Todos esses registros foram feitos com o intuito de caracterizar de forma mais fidedigna os eventos selecionados para análise e as ações da professora.

Como já informado, seis encontros foram realizados, observados e registrados. A seguir, apresentamos uma descrição geral desses encontros que pode ser consubstanciada pela observação dos quadros que representam os mapas de episódio dos encontros (tópico 5.2).

4.3 Descrição Geral dos Encontros do Curso

Para fins de contextualização da pesquisa, apresentamos uma descrição sucinta de cada um dos encontros do curso para a ECFM no contexto de RP. Essa descrição poderá contribuir para que o leitor tenha uma visão mais holística do caso e do contexto de ensino para a ECFM e no qual CPD sobre modelos e modelagem foram mobilizados pela professora. Para orientar sua prática no curso, Lizi preparou e seguiu um roteiro de ensino (Anexo).

4.3.1 Primeiro Encontro

Lizi iniciou o curso para a ECFM no Programa de RP discutindo com os licenciandos seus objetivos e aspectos gerais da organização dos encontros. Em seguida, ela aplicou um questionário visando coletar informações sobre os conhecimentos prévios deles sobre Ciências, modelos e modelagem.

Ao final do encontro, Lizi iniciou uma discussão geral de um documento sobre o PISA (OCDE, 2013), sua importância na Educação em Ciências e o tema Letramento Científico. Além disso, ela entregou aos licenciandos um roteiro de atividades sobre objetivos do ensino de Química, um tópico do texto extraído do PISA sobre Letramento Científico, e a atividade Guardachuvologia. Em seguida, Lizi iniciou a discussão das três primeiras questões do questionário que versavam sobre Ciência, ensino de Ciências e ensino de Química. Visto a iminência do término do encontro, ela informou que a leitura e interpretação do texto e resposta a algumas questões deveriam ser feitas extraclasse e seria discutida no segundo encontro.

4.3.2 Segundo Encontro

Lizi iniciou o segundo encontro retomando uma explicação geral sobre o contexto do PISA e discutindo aspectos gerais do texto sobre Letramento Científico que eles haviam identificado como interessantes. Ela conduziu as discussões focando em significados para o termo Letramento Científico e em abordagens que poderiam favorecer seu desenvolvimento. Na sequência, foram abordados os processos de construção de conhecimento, contexto em que foram discutidos e destacados os temas NdC e História da Ciência. A partir disso, Lizi discutiu

com os licenciandos a importância dos cursos de Licenciatura para a Educação em Ciências, as limitações de professores de Ciências em relação aos conhecimentos, aos objetivos de aprendizagem e às relações amplas entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Ela também promoveu a leitura do texto da atividade Guardachuvologia e conduziu discussões sobre a guardachuvologia ser uma Ciência ou não. Nesse processo, os licenciandos apresentaram vários pontos de vista sobre Ciências (para além da Química, Física e Biologia); métodos científicos; práticas científicas relacionadas à produção de conhecimentos; e outros aspectos de NdC. Após as discussões, Lizi informou que lhes enviaria, por *e-mail*, uma atividade para iniciar a etapa de estudo *sobre* modelos.

4.3.3 Terceiro Encontro

Lizi iniciou o terceiro encontro relembrando apontamentos específicos feitos pelos licenciandos nas discussões do encontro anterior, sobre a atividade da guardachuvologia. Isso possibilitou a promoção de discussões de aspectos relacionados a(ao): incentivo; patrocínios; ideias, motivações e interesses pessoais de um pesquisador. Lizi, então, resumiu o que eles disseram e lhes perguntou sobre quais eram as visões mais comuns de estudantes da Educação Básica *de* e *sobre* cientistas. As respostas envolveram essencialmente as ideias de que: cientistas nem parecem seres humanos; eles são como deuses, loucos, não têm vida social etc. Eles também abordaram aspectos da criticidade e subjetividade na Ciência, além de aspectos relacionados ao financiamento, credibilidade e erro nas pesquisas científicas. Lizi discutiu este último aspecto no contexto de atividades promovidas por professores no ensino de Química.

Em seguida, ela discutiu a atividade que apresentava tipos de problemas (relacionados, por exemplo, à existência de Deus; astrologia, previsões de resultados de jogos de futebol) sobre os quais eles deveriam opinar se eram científicos ou não e justificar suas respostas. Eles apresentaram seus pontos de vistas e argumentos. Ao final, Lizi discutiu com os licenciandos, no campo pedagógico, como compreender aspectos de NdC pode contribuir para a aprendizagem de estudantes no Ensino Médio.

Lizi também apresentou e discutiu o caso de Daniel Shechtman, ganhador do prêmio Nobel por suas descobertas sobre os quasicristais, destacando informações sobre aspectos de sua história, suas pesquisas e do processo de construção dos conhecimentos sobre os quasicristais até o reconhecimento de seu estudo na comunidade científica. Lizi usou este caso para salientar aspectos da História da Ciência e de NdC. Finalizando esta discussão, ela

salientou o processo de desenvolvimento de modelos científicos e apresentou definições gerais sobre modelos nas Ciências.

O próximo assunto abordado por Lizi envolveu o uso de representações. Para isso, ela projetou representações de casas enquanto discutia com os licenciandos características de tais representações e sua importância, em diversos contextos enquanto modelos para casas. Um ponto de destaque nesse contexto foi a discussão que ocorreu sobre objetivos de existirem modelos diferentes para uma entidade. Lizi conduziu o processo relacionando o que licenciandos diziam a aspectos que caracterizam modelos científicos e, posteriormente, a modelos de ensino.

Em seguida, Lizi solicitou que os licenciandos se organizassem em três grupos para realizar a atividade de modelagem do *Suflair*³². Para isso, ela distribuiu barras do chocolate, salientando que o processo de aeração do mesmo era um segredo de produção e que deveria ser um aspecto levado em conta na elaboração dos modelos. Lizi também explicou que os grupos iriam apresentar os modelos para a turma, situação na qual ocorreria debate e discussão sobre os mesmos.

Os licenciandos trabalharam em grupos para realizar a atividade. Enquanto eles discutiam e elaboravam os modelos, Lizi passava pelos grupos conferindo o andamento dos trabalhos. Terminada a elaboração dos modelos, ela solicitou que cada grupo apresentasse seu modelo para a turma. Para isto, eles desenhavam os modelos no quadro e os explicavam. Ao final de cada apresentação, ocorriam perguntas e críticas feitas tanto por Lizi quanto pelos outros licenciandos, que eram sempre respondidas pelo grupo que havia criado o modelo em discussão. Assim, o processo de comunicação dos modelos gerou várias situações argumentativas.

Um dos pontos mais destacados e que foi abordado de maneiras divergentes pelos grupos foi a aeração do chocolate. Ao final do encontro, Lizi pegou uma barra de chocolate, mordeu um pedaço, mostrou aos licenciandos e questionou o processo de formação de bolhas. Após discutir este ponto, ela encerrou o encontro.

³² Lembramos que esta expressão substitui a expressão: “modelagem do processo de produção do chocolate *Suflair*”.

4.3.4 Quarto Encontro

No início do quarto encontro, Lizi solicitou aos licenciandos que respondessem individualmente ao questionário sobre a atividade de modelagem do *Suflair*, antes de discutir com eles aspectos e situações ocorridas no encontro anterior. Nesta discussão, ela tratou sobre: o que eles tiveram que pensar para propor um processo de produção para o chocolate; em que eles precisaram pensar; quais conceitos de Física e de Química foram utilizados para a elaboração dos modelos; além de informações sobre ingredientes do chocolate.

Os licenciandos citaram várias situações cotidianas (envolvendo, por exemplo, massa do bolo, produção do bolo e produção de calda) com as quais eles associaram o processo de produção do chocolate. Lizi reforçou a importância de alguns conhecimentos prévios na elaboração de modelos e discutiu com eles sobre a necessidade de conhecer aspectos do alvo (no caso, o chocolate aerado), foco da modelagem. Vários licenciandos salientaram a importância de se ter o chocolate (objeto real) em mãos, no encontro, para a elaboração dos modelos.

Lizi também sondou os licenciandos sobre o processo de elaboração dos modelos e a discussão dos mesmos destacando dois importantes momentos de discussão: um no próprio grupo e outro com a turma. A partir disto, ela discutiu aspectos do trabalho em grupo naquele contexto, associando-o a como cientistas trabalham para produzir conhecimentos científicos.

Na sequência, a discussão mudou de foco para modos de comunicação de modelos, processo também vivenciado por eles ao final do terceiro encontro, com destaque para os papéis de argumentação, comunicação, socialização e pensamento crítico no processo de construção de ideias na modelagem. Lizi também fomentou discussões sobre aspectos limitantes naquele processo de ECFM, tais como ser um processo demorado; a escola não oferecer ambientes para desenvolvê-lo bem; o currículo das disciplinas não favorecer a realização de atividades investigativas como as de modelagem; e a necessidade de selecionar conteúdos em potencial para desenvolvê-las.

Ao finalizar essas discussões, Lizi explicitou aos licenciandos seus objetivos com a aplicação da atividade de modelagem do *Suflair*, um processo de modelagem de contexto cotidiano, e explicou que as próximas atividades envolveriam um processo de modelagem em contexto científico, cujo tema era Polímeros. A partir disso, ela iniciou uma discussão sobre o uso de materiais feitos de polímeros no cotidiano e, após destacados vários itens, eles concluíram que existe polímeros sintéticos em quase todos os objetos à nossa volta. Além disso,

foram pontuados aspectos da coleta seletiva de materiais; consumismo; problemas ocasionados pelo acúmulo de plásticos no ambiente etc. Neste ponto, ela encerrou o encontro solicitando que eles pesquisassem sobre a legislação ambiental relacionada ao descarte de lixo reciclável.

4.3.5 *Quinto Encontro*

Lizi iniciou o quinto encontro retomando a discussão sobre plásticos ao solicitar que os licenciandos dissessem o que haviam encontrado de informação sobre a Lei relacionada ao descarte de lixo. Eles discutiram aspectos da Lei, pontos de coleta de materiais eletroeletrônicos na UF e campanhas de lojas para o recolhimento de outros materiais. Eles também discutiram composição geral de materiais plásticos. A partir disso, Lizi solicitou que os licenciandos se dividissem em três grupos para iniciar a primeira atividade de modelagem da sequência sobre Polímeros e explicou seu objetivo principal: propor modelos para estruturas químicas dos polímeros que sustentassem explicações de propriedades de materiais constituídos pelos mesmos.

Lizi apresentou os materiais a serem estudados (pedaços de sacola plástica e de carcaça de TV), solicitando que eles fizessem previsões e justificativas sobre a tentativa de dobra desses materiais. Após observar que esta tarefa havia sido cumprida, ela distribuiu para cada grupo pedaços dos dois materiais para que eles realizassem os experimentos relacionados às previsões. Enquanto os licenciandos realizavam os experimentos e discutiam entre eles, Lizi passava pelos grupos verificando como eles estavam realizando a atividade. No final, ela promoveu discussões sobre as previsões de dobra e o experimento feito para confirmar ou refutar as previsões. Lizi também lhes entregou pedaços de capa de encadernação de cor preta para que eles também realizassem o mesmo experimento com eles.

Em seguida, Lizi introduziu a próxima atividade, na qual eles deveriam elaborar modelos que explicassem o comportamento dos mesmos materiais frente à tentativa de dobra. Para isto, ela explicou que eles deveriam focar na constituição e nas propriedades dos materiais e utilizar quaisquer recursos disponíveis para representar o modelo (como o quadro, programas de computador (caso tivessem), bolas de isopor e palitos, lápis de cor, canetinhas etc.).

Os licenciandos discutiram e elaboraram seus modelos enquanto Lizi passava pelos grupos verificando como eles trabalhavam. Ela fazia perguntas, por exemplo, sobre aspectos específicos das representações que eles produziam.

Terminada a etapa de elaboração dos modelos, Lizi coordenou a comunicação dos modelos pelos grupos. Durante a apresentação, ela fez questionamentos relacionados às

representações e aspectos das explicações que os grupos apresentavam, solicitando que os outros licenciandos também os fizessem. Essas ações se repetiam a partir das apresentações subsequentes à primeira.

Finalizada a comunicação dos modelos, Lizi introduziu a atividade que se referia às previsões relacionadas ao aquecimento dos materiais, sacola plástica e carcaça de TV. Após a elaboração das previsões, Lizi reproduziu um vídeo no qual o aquecimento daqueles materiais era realizado em laboratório e informou que tinha um isqueiro, que poderia ser usado caso algum licenciando quisesse realizar o procedimento de aquecimento dos materiais em sala de aula. Uma licencianda fez o experimento e foi além, queimou os dois materiais, situação para a qual Lizi solicitou atenção dos outros licenciandos. Como o encontro já estava se encerrando, ela solicitou que eles pensassem em casa se o modelo que eles haviam produzido anteriormente explicava o comportamento dos materiais no aquecimento e, se necessário, alterassem os modelos que seriam apresentados por eles no próximo encontro ou elaborassem novos modelos.

4.3.6 Sexto Encontro

Lizi iniciou o sexto encontro organizando os licenciandos em grupos e solicitando que eles discutissem o que haviam pensado em casa sobre o aquecimento dos plásticos. Ela também explicou que eles poderiam “remodelar” seus modelos anteriores ou elaborar novos modelos, mas buscando contemplar as novas evidências e observações a partir do experimento de aquecimento. Assim como ocorreu nos outros encontros, Lizi se dirigiu aos grupos discutindo aspectos do processo de modelagem vivenciado no momento.

Após o término da atividade, Lizi iniciou a condução do processo de comunicação dos modelos. Assim como ocorreu na apresentação dos modelos anteriores, Lizi e licenciandos produziam argumentos relacionados aos modelos para aquecimento dos plásticos, elaborados pelos grupos. Todos os grupos incorporaram aspectos aos modelos produzidos anteriormente, isto é, reformularam seus modelos a partir de novas evidências.

Finalizadas as discussões, Lizi introduziu a atividade de *avaliação* dos modelos elaborados anteriormente a partir da previsão e experimentos de tentativa de dobra de pedaços de pneu (feitos de borracha), seguida pela reprodução de um vídeo que mostrava tanto o aquecimento quanto a queima de pedaços desse material. O comando principal foi que eles pensassem se os modelos produzidos até então explicavam os comportamentos dos pedaços de pneu frente à dobra e ao aquecimento. Caso não explicassem, eles deveriam identificar as limitações de seus modelos e modificá-los ou pensar em novos modelos para explicar tais

comportamentos. Lizi lembrou aos licenciandos sobre a disponibilidade de recursos para a modelagem e salientou ter disponíveis pedaços de pneu e isqueiros, caso os licenciandos quisessem fazer o experimento de aquecimento na sala de aula – situação que ocorreu, acrescida de queima daquele material.

Após alguns licenciandos apontarem diferenças, principalmente na queima do pneu, frente aos outros plásticos anteriores, eles discutiram e reformularam seus modelos em grupo, sendo convidados por Lizi a apresentá-los para a turma. Durante a apresentação e discussões dos modelos com a turma, ela fazia perguntas e discutia ideias que eles apresentavam.

Finalizadas as apresentações, o que coincidiu com o final do encontro, Lizi explicou que era a primeira vez que desenvolvia a atividade de modelagem sobre polímeros no Ensino Superior e que o planejamento havia fugido um pouco de seu controle. Além disso, ela explicou que teria um compromisso pessoal na semana seguinte que poderia fazer com que ela se ausentasse da UF por um espaço de tempo. Caso isso ocorresse, ela avisaria aos licenciandos por *e-mail* e avisaria a eles sobre possibilidades de retomar o curso futuramente. Após uma breve discussão de assuntos gerais, Lizi encerrou o encontro.

4.3.7 Contexto Após o Sexto Encontro

Como informado por Lizi, o compromisso pessoal ocorreu e ela recebeu licença para se afastar das atividades. Contudo, ao retornar ao trabalho, alguns meses depois, ela optou por não dar continuidade ao curso *para a ECFM* no Programa de RP. Em uma conversa posterior conosco, ela nos informou que decidiu desta maneira porque o grupo de licenciandos havia mudado substancialmente e, os que se mantiveram na RP, não se mostraram interessados na finalização.

Finalizando o processo de coleta de informações na fase ativa, solicitamos à Lizi que nos disponibilizasse os roteiros das atividades, quando eles existiam. A partir disto, tivemos acesso aos artefatos escritos por Lizi que caracterizavam todas as atividades desenvolvidas nos encontros que guiaram a prática da professora. Além disso, esses artefatos nos auxiliaram a reconhecer como ela pensou em estratégias para a ECFM e aspectos do planejamento para a ação (ePCK_P) visto que faziam parte do processo de elaboração dos planejamentos dos encontros.

4.4 Tratamento de Dados

O próximo passo da pesquisa foi tratar os dados coletados, no intuito de torná-los analisáveis. Bardin (2011) explica que isto é necessário antes da análise propriamente dita, para que os dados coletados sejam reunidos, preparados e editados de um modo mais formal. Contudo, nesta pesquisa, não consideramos possível separar o tratamento de dados da análise de conteúdo propriamente dito, visto que algumas vezes ambos ocorreram simultaneamente. Por isto, tais procedimentos são apresentados em conjunto, neste tópico, mas buscando descrevê-los da melhor maneira possível.

Como já descrevemos, este estudo teve como principais fontes de dados entrevistas cedidas pela professora investigada, videogravação dos encontros promovidos por ela, artefatos que ela produziu que caracterizavam a sequência de ensino para a ECFM e notas de campo relativas a esses encontros, redigidas pelo autor desta Tese.

O processo de observação dos encontros para a ECFM gerou diversas fontes de dados que, segundo Erickson (2012), devem ser preservados em várias mídias na sua forma bruta. Portanto, eles são mais apropriadamente considerados como recursos para dados potenciais, que precisam ser tratados e correlacionados. Concordamos com essa visão do autor, visto que só conseguimos compreender quais CPD sobre modelos e modelagem foram manifestados e, mais ainda, como eles se se influenciam e se transformam na prática docente quando esses dados foram tratados e analisados. No caso deste estudo, buscamos correlacionar a análise triangulando os dados almejando uma compreensão mais holística do caso, tal qual apontam Erickson (2012) e Tay e Yeo (2018).

O tratamento de dados que tivemos que realizar se refere principalmente à transformação do conteúdo das gravações e videogravações em textos escritos³³. Para esse tratamento, inicialmente assistimos às videogravações das entrevistas com Lizi e dos encontros do curso, complementadas, quando necessário, com a escuta de partes dos áudios gravados. Após este processo, retomamos os registros buscando descrever aspectos dos contextos, relacionados às situações imediatas que eram relevantes e transcrever as falas de Lizi tanto nas entrevistas quanto nos encontros do curso. Neste último contexto, também transcrevemos falas dos licenciandos.

³³ Artefatos produzidos por Lizi e notas de campo produzidas pelo autor não passaram pelo processo de tratamento de dados visto que eles já se encontravam em formato de texto escrito.

Bardin (2011) explica que a descrição analítica de contextos funciona segundo procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, ou seja, envolve um tratamento da informação contida nas mensagens, não se limitando a apenas aquilo que se fala. Geralmente, esta descrição constitui uma primeira fase do procedimento e deve contemplar aspectos linguísticos, semânticos e documentais.

Sobre a realização de transcrições em estudos de caso, Grandy (2011) explica que tal processo não consiste apenas em transformar a palavra falada em textos para que ela possa ser analisada em conceitos mais significativos, mas deve abranger o processo de descoberta, descrição e análise para tornar evidentes as regras e estruturas de padrões ordenados de interação. Para isto, deve-se buscar por preservar a ‘conversa’ autêntica da interação, em vez de extrair significados subjacentes da conversa na interação.

No contexto dos encontros do curso, ações específicas de Lizi e ações gerais dos licenciandos foram descritas³⁴, bem como o contexto e as situações que mereciam mais destaque do que outras. Além disto, no contexto dos encontros, todas as falas de Lizi e dos licenciandos foram transcritas³⁵ enquanto nos contextos de entrevistas, isto ocorreu tanto para as falas de Lizi quanto para as do entrevistador.

Para a transcrição das entrevistas, utilizamos os registros em áudio feitos por meio dos gravadores portáteis, que captaram melhor as falas. Caso houvesse alguma dúvida sobre o que foi dito, recorriamos à videogravação das entrevistas, o que nos possibilitava realizar uma análise multimodal³⁶ (JEWITT, 2004; 2006) analisando a fala junto à sua performance corporal, resultando em um melhor entendimento de aspectos semânticos de difícil compreensão.

Para a transcrição do discurso e contextos dos encontros, o processo foi inverso, ou seja, utilizamos as videograções feitas com as câmeras filmadoras e, caso aspectos das falas precisassem ser melhor esclarecidos ou confirmados, utilizávamos as gravações em áudio registradas nos gravadores que, como informado anteriormente, eram de melhor qualidade se comparado ao áudio das videograções.

³⁴ Como informado anteriormente, considerando o foco de nossas QP, as ações dos licenciandos foram descritas como parte do contexto e não como material analítico.

³⁵ Alguns trechos dessas transcrições são apresentados no Apêndice 2.

³⁶ Por exemplo, era comum o uso de expressões tais como “isso” e “aquilo” nas entrevistas não-estruturadas, relacionadas aos encontros do curso, que se referiam a objetos ou materiais ditos por Lizi. Visitando a videogravação, compreendíamos a que ela se referia, por exemplo, quando usava gestos metafóricos indicando entidades discutidas em sala.

Realizamos as transcrições em computadores, utilizando o *software* Word® para registro. Seguimos um padrão de escrita praticamente literal do discurso tal qual foi produzido por Lizi e pelos licenciandos, eliminando apenas palavras ou expressões repetidas desnecessariamente. Em alguns momentos, adições ao texto transcrito foram necessárias para que o discurso fizesse mais sentido para nós e para outros leitores³⁷. Nessas situações, tomamos sempre o cuidado de não alterarmos o sentido semântico do discurso.

A ação performática de Lizi foi descrita a partir de relatos sobre o que ela fazia no ato de ensinar (por exemplo, quando ela fazia perguntas para a turma ou se dirigia a licenciandos específicos, escrevia no quadro etc.). As ações gerais dos licenciandos também obedeceram ao padrão de descrição, porém, na maioria das vezes, de modo generalista, visto que eles não eram sujeitos de pesquisa. Entretanto, alguns dos comportamentos dos licenciandos foram destacados no contexto analítico pois consideramos que eles poderiam nos dar pistas sobre tomadas de decisão de Lizi que pudessem servir de pontos de discussão sobre seus CPD sobre modelos e modelagem visto que o modelo adotado, RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) explicita a influência dos estudantes na mobilização de tais conhecimentos. Esta etapa foi importante por contribuir para que tornássemos os dados analisáveis, o que resultou na melhor compreensão do desdobramento da pesquisa para atendermos aos objetivos do estudo. Após a transcrição e descrição das informações, iniciamos a análise dos dados que se pautou na Análise de Conteúdo como proposta por Bardin (2011).

4.5 Análise de Conteúdo

De posse dos artefatos produzidos na pesquisa, iniciamos a análise de conteúdo dos dados. Na perspectiva de Bardin (2011), a análise de conteúdo consiste na leitura detalhada de todo o material transcrito, na identificação de palavras ou conjuntos delas que tenham sentido para a pesquisa, assim como na classificação em categorias ou temas que tenham semelhança quanto ao critério sintático ou semântico. A aproximação que fizemos à metodologia que adotamos contempla toda esta descrição geral da análise de conteúdo, principalmente, por

³⁷ Por exemplo, quando alguma palavra era ocultada na fala, ou quando expressões dêiticas (como isso, aqui, aquilo etc.) eram substituídas para favorecer o entendimento do que estava sendo falado. Tais palavras adicionadas foram representadas em colchetes (por exemplo, [modelagem]). Em outros momentos, no discurso de Lizi havia falas que destoavam do assunto principal. Para otimizar os dados, substituímos tais falas pelo símbolo [...]. Para indicar pausas longas utilizamos... (reticências) e para entonação do discurso, adotamos a simbologia comum à norma culta da língua portuguesa (pontos de interrogação e exclamação etc.).

serem os nossos dados compostos por textos produzidos a partir de um repertório variado de ferramentas para coleta de dados (entrevistas, videogravação, notas de campo e artefatos de ensino produzidos pela professora).

A análise de conteúdo ocorre em torno de três polos cronológicos: pré-análise; exploração do material; e análise dos resultados, inferências e interpretação do(s) pesquisador(es) (BARDIN, 2011). Nossa análise foi organizada a partir desses três polos, como descrito a seguir.

4.5.1 Pré-Análise dos Dados da Pesquisa

A pré-análise é a fase na qual ocorre a organização, propriamente dita, dos dados produzidos, estabelecendo um programa analítico que, caso necessário, pode ser flexível. Nesta fase o(s) pesquisador(es) tem(êm) como missão três ações principais: escolher os dados a serem analisados; formular/reformular as hipóteses, os objetivos e as QP; e elaborar índices (ou indicadores) que fundamentem a interpretação mais fina dos dados (BARDIN, 2011).

4.5.1.1 Escolha dos Dados da Pesquisa

Erickson (2012) afirma que é comum pesquisas qualitativas acumularem enormes quantidades de dados potenciais. Mesmo que sejam identificados muitos dados interessantes, o pesquisador deve estar atento porque apenas alguns deles são relevantes e devem ser selecionados, tendo como norte principal os objetivos e as QP. Assim, o processo de esboçar uma série de primeiros rascunhos de análise de conteúdo envolve essencialmente decidir o que não incluir neles. Segundo o autor, o mesmo se aplica aos procedimentos posteriores à *seleção* de quais dados analisar. Bardin (2011) explica que este deve ser o primeiro passo para a *organização dos dados*. Para isso, reunimos todos os materiais que produzimos, os artefatos escritos, de modo a obdecer a ordem cronológica tal qual ocorrida na pesquisa. Por exemplo, os dados foram organizados a partir do texto transcrito da entrevista inicial ampla. O próximo texto da sequência é o relacionado aos dados do primeiro encontro (texto produzido a partir da descrição de contextos, transcrição das falas de Lizi, notas de campo produzidas pelo pesquisador, artefatos de ensino recolhidos e transcrição da entrevista pós-primeiro encontro), seguido pelos dados oriundos do segundo encontro e assim sucessivamente. Essa organização teve importância para uma compreensão holística do que havíamos produzido de dados e para visualizarmos o contexto geral da pesquisa, a partir dos artefatos produzidos.

Seguindo-se à organização dos artefatos, realizamos a *leitura flutuante*, ou seja, o estabelecimento de contato direto com os documentos a se analisar (BARDIN, 2011). Essa leitura ocorreu a partir dos artefatos escritos tal qual foram organizados. Nesse contexto, relemos atentamente todo o material e, em momentos pontuais desta releitura, revisitamos os registros feitos com o intuito de esclarecer alguma situação ou ponto específico. Assim, foi possível conhecer e compreender melhor os textos.

Tanto a organização quanto a leitura e releitura dos textos contribuíram para que realizássemos a seleção dos materiais que seria utilizados na próxima etapa da análise: a *exploração do material*. Para isto, pautamo-nos na regra de pertinência (BARDIN, 2011), visto que ela orienta selecionar os documentos adequados, enquanto fontes de informação, de modo a corresponder ao(s) objetivo(s) que suscita(m) a análise de conteúdo.

Por exemplo, com o uso desta regra, foi possível dividir a entrevista inicial ampla em duas partes. A primeira parte, que continha informações sobre o perfil geral de Lizi com foco na sua formação profissional e acadêmica, foi extraída do material a ser analisado e foi utilizada na descrição do perfil geral da professora, apresentada no subtópico 4.1.2. A segunda parte, que continha dados com informações importantes sobre processos de manifestação de CPD sobre modelos e modelagem, em situações de ensino vivenciadas por ela no passado permaneceu no conjunto de dados a ser analisados por apresentar potencial analítico para atender a alguns dos nossos objetivos e QP. Outro exemplo foi a seleção de quais contextos de ECFM promovidos por Lizi apresentavam a mobilização de CPD sobre modelos e modelagem e quais eram relacionados a outros temas (tais como NdC).

A partir das leituras realizadas, foi possível fazer uma primeira seleção que resultou por exemplo, na exclusão de grande parte do conteúdo referente ao primeiro e ao segundo encontro, visto que eles se referiam principalmente à abordagem de temas e abordagens de ensino da Educação em Ciências que subsidiariam a introdução mais detalhada da ECFM no contexto geral do curso, mas que não necessariamente se referiam à ECFM. Essa seleção foi importante para potencializar nossas análises, otimizar o processo analítico e oportunizar a elaboração de novas ideias que ganharam mais sustentação quando nos reunimos (autor da Tese e orientadora da pesquisa) para discutir esse processo, as primeiras ideias e orientações para a análise e para decidirmos os próximos passos.

4.5.1.2 *Formulação e Reformulação das Hipóteses e Objetivos da Pesquisa*

No movimento de escolha dos dados da pesquisa, foi possível repensar algumas hipóteses, objetivos e QP. Tais elementos da pesquisa vinham sendo construídos desde a escrita do pré-projeto (apresentado no processo seletivo do curso de Doutorado) e continuou sendo repensado até a fase de finalização de escrita do texto final. Contudo, como resultado da fase anterior, outros objetivos e hipóteses surgiram, resultando na reformulação das QP. Relembramos que Erickson (2012) considera esse processo comum em pesquisas qualitativas, sobretudo, em estudos de caso, mas que formular perguntas, objetivos e desenho de pesquisa com antecedência, dentre outros fatores, auxilia na antecipação da observação de evidências importantes para a análise, aspecto com o qual concordamos e vivenciamos.

Nesta pesquisa, isso serviu tanto como uma ‘bússola’, indicando caminhos, quanto como ‘termômetro’, indicando pontos importantes a serem analisados. Isto se reforça quando lembramos ao leitor que assistimos os vídeos de Lizi conduzindo atividades para ECFM no Ensino Médio, a partir de registros do banco de dados do nosso GP. Como algumas atividades que ela promoveu no curso na RP haviam sido desenvolvidas anteriormente no contexto do Ensino Médio, isto nos deu uma visão antecipada do que poderia estar por vir.

4.5.1.3 *Elaboração de Índices que Fundamentaram a Interpretação dos Dados*

Na pré-análise, iniciamos a elaboração de *índices*. Bardin (2011) destaca que um índice pode ser a menção explícita de um tema em uma mensagem, caso parta do princípio de que este tema possui tanto mais importância para o locutor quanto é repetido mais frequentemente. Como nossa pesquisa envolve análise de conteúdo textual, os índices são entendidos como critérios definidos a partir de termos e expressões para favorecer a realização das análises e a confiabilidade das mesmas.

Para a definição desses índices, apoiamos-nos nos objetivos da pesquisa. Dentre os índices mais significativos nesta pesquisa, destacamos o surgimento explícito dos termos ou expressões nas falas de Lizi referentes a “modelos” e à “modelagem”, assim como termos derivados deles, como “modelar” e “etapas da modelagem”. Além disso, expressões que se relacionavam intrinsecamente a esses índices, mas que estavam implícitos nas falas foram classificados³⁸.

³⁸ Exemplos disso são: “essas representações”, “esses recursos”, “esse processo”, “essa estratégia de ensino”, “as etapas deste processo” etc.

Índices pautados na ação performática de Lizi também foram identificados. Por exemplo, ações que ela promovia para conduzir o processo de ECFM, tais como “organizar os licenciandos em grupo”, “fazer perguntas”, “suscitar a discussão de ideias”, “introduzir experimentos nos encontros” etc. As expressões contendo os índices, explícita ou implicitamente, foram analisadas a partir da semântica e do contexto de seu surgimento.

O pesquisador fez uma primeira análise superficial dos dados buscando utilizar tanto as categorias quanto os critérios de análise. A partir disto, ele disponibilizou todos os quadros à orientadora da Tese, que também realizou uma análise do material e reenviou os arquivos dos materiais analíticos, com seus comentários, para apreciação do autor que, consecutivamente, analisou todos eles. Este movimento ocorreu duas vezes para cada documento, buscando-se maior confiabilidade e validade das análises. Somente depois deste movimento, ambos se reuniam para discutir interpretações diferentes, buscando chegar em um acordo em relação a pontos que ainda careciam de concordância.

Nesse movimento de validação da análise, discutimos outros índices, em especial, por apresentar diferentes interpretações semânticas. Para isso, o pesquisador autor criou uma lista de pontos e situações, que correspondiam ou se relacionavam aos CPD sobre modelos e modelagem mobilizados por Lizi ou a outros elementos representados no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), tais como crenças, valores etc., que precisariam ser melhor definidos. Por exemplo, deparamo-nos recorrentemente com declarações de Lizi que, no contexto de análise, tinham significado ambíguo. Um desses casos envolvia o uso do termo “expectativas” em seu discurso, tanto nas entrevistas quanto na ação de ensino nos encontros. Em um entendimento semântico, por vezes essa expressão indicava suas *crenças*, enquanto por outras indicava planejamento, reflexão etc. Para a classificação, buscamos por pistas conceituais e semânticas. Por exemplo, quando o termo “expectativa” era usado no contexto de entrevistas e indicava reflexão sobre a prática docente para a ECFM (ePCK_R sobre modelos e modelagem), ele surgia recorrentemente nas declarações, geralmente sucedido por pausas na fala ou gestos que denotavam pensamento (como levar a mão à cabeça).

Diante disso, precisamos analisar esses índices e defini-los de modo que a análise ocorresse de forma mais confiável (BARDIN, 2011). No quadro 4.2, apresentamos alguns índices que foram identificados na análise e que tiveram importância para o processo analítico, assim como as justificativas para cada um deles.

Salientamos que alguns destes índices indicados no quadro 4.2 foram caracterizados também durante as análises. Nesses casos, refizemos passos para a definição dos mesmos, ou seja, a partir de discussões e estabelecimento de consensos entre pesquisador e orientadora.

Quadro 4.2 Alguns índices que se relacionam aos *CPD* sobre modelos e modelagem (continua)

Termo	Definição	Sentido	Exemplo
Expectativa	Expressões que continham o termo “expectativa”, ou derivados dele, foram caracterizadas dependendo do contexto de seu surgimento (por exemplo, entrevistas pré ou pós-encontros) e aos sentidos atribuídos a elas em cada contexto.	ePCK _P sobre modelos e modelagem, quando a expressão denota uma ideia que informa decisões sobre uma atividade que se baseou pelo menos parcialmente – nas expectativas expressas.	“A minha expectativa é que ela [a estratégia] cause o mesmo impacto. Então, a minha ideia hoje é não dar como atividade [...]”.
		ePCK _R sobre modelos e modelagem, quando a expressão se refere a uma reflexão sobre algo que ocorreu.	“Não, hoje, eu acho que foi bem dentro da minha expectativa.”
		pPCK sobre modelos e modelagem, quando uma expectativa se baseava em experiências pessoais anteriores.	“[Foi] dentro da minha expectativa baseada na experiência que eu já tive, com essas atividades.”
		CK sobre modelos e modelagem, quando as expectativas se relacionavam a algum aspecto ou conceito referente à ECFM.	“No [contexto de modelagem sobre] polímeros, não tem como fugir disso [...] Espero que agora surja mais conceitos de Química [...]”
		Conhecimentos pedagógicos sobre modelos e modelagem, quando Lizi esperava que os licenciandos se envolvessem em alguma estratégia geral de ensino no contexto de ECFM.	“Então, a minha ideia é que um grupo debata com o outro a coerência dos modelos, até mesmo para suscitar um processo argumentativo em cima da modelagem.”
		Amplificadores, quando o sentido da expressão denota algo que amplia suas concepções no contexto de ensino.	“A minha expectativa maior é deles usarem tais conhecimentos.”
		Crenças e expectativas, quando a expressão denota situações que poderiam ocorrer, mas que não necessariamente foram planejadas.	“Já tenho expectativas de alguns modelos que eu acredito que vão surgir porque são modelos recorrentes.”

Quadro 4.2 Alguns índices que se relacionam aos CPD sobre modelos e modelagem (continuação)

Termo	Definição	Sentido	Exemplo
“a ideia” ou “o objetivo”	Termos que expressavam seus próprios objetivos ou ideias.	ePCK _P , quando essas expressões se relacionavam ao planejamento de atividades para ECFM.	“ [...] a ideia é a gente introduzir mais atividades de modelagem. Então, a gente vai aprender um pouco sobre modelos, sobre o processo de modelagem e vivenciar atividades de modelagem”
“Eu vejo que” “eu esperava que”	Expressões nas quais Lizi explicitava seu(s) ponto(s) de vista(s).	ePCK _R , quando se referiam a alguma situação ocorrida na prática.	“Eu não esperava que eles se envolvessem tanto [...] eu me dei por bastante satisfeita”.
		Crenças, quando não se vinculavam a situações práticas situadas no contexto de ensino, mas relacionadas a ideias gerais.	“[...] eu sou uma pessoa convencida de que [ECFM] é uma abordagem de ensino diferenciada [...] Hoje eu vejo que dentro das habilidades investigativas [na ECFM] ainda têm muitas outras”

Fonte: O autor.

4.5.1.4 *Elaboração de Indicadores que Fundamentaram a Interpretação dos Dados*

Indicadores também foram criados a partir da categorização dos tipos de CPD sobre modelos e modelagem. Bardin (2011) explica que a categorização por indicadores é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com critérios previamente definidos. Além disto, as categorias geradas reúnem um grupo de elementos sob um título genérico, definido em razão das características comuns desses elementos. Nesta pesquisa, o critério de categorização de indicadores utilizado foi o *expressivo* visto que as categorias surgiram da manifestação de algum CPD sobre modelos e modelagem pela professora.

Isto está intimamente relacionado a alguns dos nossos principais objetivos: identificar, caracterizar e analisar CPD sobre modelos e modelagem mobilizados por Lizi no contexto de ECFM. Para isto, apoiamos-nos nos referenciais teóricos sobre CPD da literatura de Educação em Ciências e em definições de CPD sobre modelos e modelagem também apresentados na literatura por pesquisadores da área de ECFM aos quais tivemos acesso. A partir disso, retomamos as definições apresentadas na descrição do referencial teórico que adotamos como referência analítica nesta Tese, o RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), e formulamos as

categorias para a posterior identificação, classificação e análise dos CPD sobre modelos e modelagem mobilizados por Lizi.

Neste processo, nos pautamos nas considerações sobre PCK apresentadas por Carlson e Daehler (2019), bastante influenciadas pelas definições apresentadas por Gess-Newsome (2015), para definirmos os *PCK sobre modelos e modelagem* como: os conhecimentos, raciocínios subjacentes e planejamentos para o ensino visando a ECFM de um modo específico, com um propósito específico, para estudantes específicos e em contextos específicos. A partir disso, descrevemos os componentes dos PCK sobre modelos e modelagem: ePCK; pPCK; e cPCK.

Os *ePCK sobre modelos e modelagem* se manifestam em todas as situações de ensino visando a ECFM que envolvem o ciclo de raciocínio pedagógico, ou seja, toda situação prática na qual professores manifestam PCK sobre modelos e modelagem durante o tempo em que estão planejando, ensinando ou refletindo no contexto de ECFM. Tais ePCK sobre modelos e modelagem podem ser caracterizados em:

- *ePCK_P sobre modelos e modelagem*: situações da prática docente nas quais professores manifestam conhecimentos sobre modelos e modelagem no planejamento (de ações, estratégias e/ou atividades) visando a ECFM;
- *ePCK_T sobre modelos e modelagem*: situações da prática docente nas quais professores realizam ações ou promovem estratégias de ensino visando a ECFM, ou seja, no ato de ensinar modelos e modelagem;
- *ePCK_R sobre modelos e modelagem*: situações da prática docente nas quais professores refletem sobre planejamentos, ações, estratégias ou atividades realizadas no contexto de ECFM voltados especificamente para modelos e modelagem.

Os *pPCK sobre modelos e modelagem* são os conhecimentos e habilidades³⁹ de conteúdo pedagógico sobre modelos e modelagem de um professor que refletem suas experiências de ensino anteriores; suas experiências adquiridas em interações com outros professores, pesquisadores ou estudantes; seus estudos a partir de leituras, cursos, experiências de vivência profissional etc., todos no contexto de ECFM.

³⁹ Apesar de a análise não focar explicitamente habilidades, mantivemos esta palavra na caracterização dos pPCK por considerarmos que a mobilização de conhecimentos (um dos focos de nossa análise) requer habilidades específicas.

Os *cPCK sobre modelos e modelagem* integram o conjunto de contribuições mútuas entre educadores e/ou pesquisadores em Ciências que construíram e compartilharam de modo colaborativo conhecimentos sobre modelos e modelagem com um professor, assim como suas próprias experiências docentes que denotem uma compreensão compartilhada por várias pessoas (por exemplo, GP, comunidades profissionais), ou seja, conhecimentos especializados que se relacionam à ECFM, mas articulados e compartilhados em contextos específicos de aprendizagem. Dito resumidamente, os *cPCK sobre modelos e modelagem* são os conhecimentos que mais de uma pessoa possuem sobre estes temas, sendo públicos e mantidos colaborativa e coletivamente.

As *Bases Gerais* dos PCK também foram caracterizadas no contexto de ECFM. Reconhecemos que elas são aplicadas em quaisquer contextos de ensino e, assim, poderiam ser nomeadas CPD. Todavia, quando mobilizadas no contexto de ECFM, elas adquirem especificidades da estratégia e, por isso, decidimos especificá-las, como apresentado a seguir.

- *CK sobre modelos e modelagem* são os conteúdos acadêmicos que definem estratégias de ensino para a ECFM. Esses conhecimentos incluem as práticas científicas usadas para a produção de conhecimentos sobre modelos e modelagem, as ideias centrais disciplinares sobre eles e o reconhecimento de conceitos transversais que os integram. Tais conhecimentos também incluem os aportes teóricos nos quais professores e pesquisadores se pautam para ensinar ou pesquisar modelos e modelagem. Por exemplo, se um professor pauta as atividades visando a ECFM no referencial de modelagem de Gilbert e Justi (2016), sintetizado no DMM v2, este modelo será o constructo delineador de *CK sobre modelos e modelagem* condizentes com o contexto de ensino.
- *Conhecimentos de currículo sobre modelos e modelagem* podem incluir os objetivos de um currículo pautado na ECFM e estruturas curriculares que as integram. Por exemplo, objetivos de um currículo pautado na ECFM nos níveis de: Educação Básica ou de Educação Superior; série escolar (anos iniciais ou finais no nível); disciplinas (Química, Física, Biologia ou interdisciplinar); processos (por exemplo organização das etapas da modelagem); roteiros, sequências e atividades para a ECFM; etc.
- *Conhecimentos pedagógicos sobre modelos e modelagem* incluem estratégias gerais de ensino usadas na ECFM, tais como gerenciamento de sala de aula (organizando estudantes em grupos), envolvimento dos estudantes (instigando-os a argumentar nos grupos e com toda a turma), técnicas de questionamento (elaborando perguntas específicas sobre aspectos

de modelos criados pelos estudantes), estratégias instrucionais para auxiliar estudantes (conduzindo discussões que envolvem modelos e a modelagem) etc.

- *Conhecimentos dos estudantes sobre modelos e modelagem* contemplam o que o professor demonstra saber sobre o desenvolvimento cognitivo e motor de estudantes (por exemplo, expressando suas ideias a partir de representações) envolvidos em atividades de modelagem. Isso inclui: (i) compreender as diferenças entre estudantes (por exemplo, devido a diferenças nos níveis de escolaridade) que podem exigir diferenciação instrucional (por exemplo, identificação de quais níveis de discussão são mais adequados); (ii) como aproveitar os recursos pessoais e da comunidade para enriquecer a instrução (por exemplo, as capacidades cognitivas de estudantes no contexto); e (iii) considerar, no planejamento e ensino *de e sobre* modelagem específica, pré-requisitos necessários para que estudantes participem das atividades.
- *Conhecimentos de Avaliação sobre modelos e modelagem* incluem conhecimentos de como projetar e usar avaliações formativas e somativas relacionadas à ECFM e uso dos resultados dessas avaliações para projetar ou modificar instruções educacionais neste contexto.

Ressaltamos que a definição dos CPD sobre modelos e modelagem foi reformulada sucessivamente nas etapas de pré-análise, análise e pós-análise, em um processo de leitura, releitura, revisitação e reformulação dos dados e dos resultados.

O próximo passo foi a definição de critérios utilizados para identificar e caracterizar os CPD sobre modelos e modelagem de Lizi para padronizar a etapa de análise dos dados. Para isso, buscamos *identificar as informações* contidas nas transcrições das entrevistas e dos encontros que caracterizavam cada um dos elementos dos CPD e PCK descritos no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019). Para tanto, pautamo-nos no referencial adotado pela professora para guiar sua prática e que também é o aporte teórico para ECFM utilizado nesta Tese, o DMM v2 (GILBERT; JUSTI, 2016). Contudo, tal critério muitas vezes nos causou dúvidas sobre como um trecho selecionado seria caracterizado. Diante disso, foi necessário estabelecermos alguns critérios no nível micro, ou seja, pistas discursivas que indicavam a manifestação de um tipo de CPD sobre modelos e modelagem específico. Assim, os CPD referentes aos PCK sobre modelos e modelagem foram associados a:

- *ePCK_T sobre modelos e modelagem*: Todas as ações mobilizadas por Lizi no ato de ensinar que se relacionavam à promoção da ECFM.
- *ePCK_P sobre modelos e modelagem*: Toda e qualquer situação na qual Lizi planejou ações visando a ECFM. Tais *ePCK_P* não necessariamente surgiram no contexto de entrevistas

(inicial, pré e pós-encontros), mas também no momento da atuação em sala de aula. Além disso, *ePCK_P sobre modelos e modelagem* de situações anteriores que influenciaram no planejamento dos encontros do curso ofertado são, por natureza *ePCK_P*, mas podem ser caracterizados também como *pPCK* ou *cPCK* quando também satisfazem critérios destes tipos de conhecimento.

- *ePCK_R sobre modelos e modelagem*: Toda e qualquer situação na qual Lizi refletiu sobre ações praticadas e uso de estratégias de ensino (e que poderiam ter sido praticadas) na promoção da ECFM e que, como no caso da caracterização de *ePCK_P*, foram identificados em variados tipos de dados. Muitas vezes, o *ePCK_R* foi caracterizado buscando evidências de formulação de pensamentos, resgate de lembranças e indicações explícitas de reflexões em seu discurso. Além disto, em outros momentos, observamos que pistas discursivas (por exemplo, uso de expressões como “eh” e “ah” seguido de pausas na fala) evidenciavam, no contexto, reflexões sobre algum aspecto. Assim como ocorreu com os *ePCK_P*, os *ePCK_R sobre modelos e modelagem* não necessariamente envolveram ações realizadas no contexto do curso na RP, mas podiam retomar contextos anteriores sendo, portanto, também classificadas como *pPCK* ou *cPCK* quando satisfazem critérios destes tipos de PCK.
- *pPCK sobre modelos e modelagem*: Foram caracterizados quando Lizi explicitou conhecimentos manifestados em algum contexto de ECFM (por exemplo, os mobilizados em práticas anteriores que envolviam planejamento, ação ou reflexão *para* ou *sobre* ECFM; estudos teóricos *sobre* ECFM; ou conceitos e aspectos referentes a modelos ou à modelagem).
- *cPCK sobre modelos e modelagem*: Foram caracterizados quando Lizi enfatizou que conhecimentos visando a ECFM foram mobilizados em colaboração mútua com outras pessoas (por exemplo, sua orientadora e membros do seu GP), ou no contexto de formação na Pós-Graduação (por exemplo, com professores e com outros pesquisadores).

Crerios para caracterizar os *CPD* das Bases Gerais dos PCK sobre modelos e modelagem também foram criados. Como resultados disso:

- *CK sobre modelos e modelagem*: Foram caracterizados quando Lizi: (i) definia modelos ou modelagem, etapas da modelagem, características de modelos e da modelagem; (ii) explicitava alguma ação ou consideração sobre etapas da modelagem, por exemplo, quando promovia a realização de *testes* dos modelos dos licenciandos a partir de seu conhecimento sobre a importância dos mesmos naquele contexto específico; (iii) definia aspectos ou

caracterizava processos de modelagem, por exemplo, que a modelagem é um processo criativo, que tem que envolver um problema, que demanda tempo etc.

- *Conhecimentos de currículo sobre modelos e modelagem:* Foram caracterizados quando Lizi situava a ECFM, em algum aspecto de organização curricular, por exemplo os relacionados em: (i) níveis de Educação Básica ou Superior; (ii) atividades nos contextos de Ensino Médio ou de Ensino Superior; (iii) atividades no contexto específico da RP; (iv) organização curricular do roteiro de atividades, sequências de ensino ou atividades que visavam a ECFM no curso.
- *Conhecimentos pedagógicos sobre modelos e modelagem:* Foram caracterizados em todas as situações nas quais alguma estratégia de ensino geral, ou seja, aplicável a quaisquer contextos de ensino, foi utilizada ou relatada por Lizi como estratégia para promover a ECFM. Exemplos dessas estratégias incluem: aplicar atividades experimentais para subsidiar etapas da modelagem; coordenar discussões; sondar conhecimentos prévios dos licenciandos relacionados a modelos ou à modelagem; resumir o que ocorreu como fechamento de atividades ou encontros que se pautavam na ECFM; favorecer que licenciandos vivenciassem atividades para a ECFM e refletissem sobre tal vivência quando envolvendo estudantes de Ensino Médio etc.
- *Conhecimentos dos estudantes sobre modelos e modelagem:* Foram caracterizados quando Lizi demonstrava ter conhecimentos relacionados à ECFM sobre (i) estudantes em geral; (ii) licenciandos participantes da RP; (iii) conhecimentos prévios desses licenciandos; (iv) ações promovidas pelos licenciandos em outros contextos de ECFM ou em encontros anteriores do curso. Além disso, caracterizamos nesse domínio a manifestação de ações nas quais ela (v) fazia perguntas aos licenciandos sobre aspectos relacionados à ECFM obtendo, em sequência, respostas para elas; e (vi) retomava situações que os licenciandos vivenciaram (por exemplo, em algum momento da Graduação) relacionadas à ECFM.
- *Conhecimentos de avaliação sobre modelos e modelagem:* Foram caracterizados em todas as situações nas quais Lizi avaliou os licenciandos em contextos de ECFM no curso da RP. Salientamos que tais avaliações não se pautaram em métodos avaliativos tradicionais de estudantes, tais como exercícios e provas. Isto porque na ECFM são avaliados atributos para além de conhecimentos de conteúdo, tais como: criatividade; participação; colaboração; investigação; comunicação; envolvimento; uso de conhecimentos etc.

Fatores que influenciam na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem também foram definidos, tais como:

- *Filtros e Amplificadores*: Foram caracterizados quando: (i) algum(a) situação, ação, comportamento, contexto etc. limitava (*filtro*) ou potencializava (*amplificador*) a manifestação de CPD sobre modelos e modelagem na prática de Lizi; e (ii) crenças, orientações, motivações ou identidade docente eram explicitados por Lizi ou evidenciados nas análises. Por exemplo, quando ela considerava que o tempo não foi o suficiente para realizar as discussões sobre modelos como ela gostaria ou havia planejado, caracterizamos o fator “tempo” como um *filtro*. Por outro lado, quando ela considerava que as discussões promovidas junto aos licenciandos foi rica e excedeu suas expectativas, a ocorrência do processo comunicativo e o tempo dispendido nele foram entendidos como *amplificadores*. Assim, a descrição do contexto e um olhar holístico sobre aspectos para além do discurso oral foram determinantes para tais caracterizações. Além disso, entrevistas com Lizi foram de extrema importância para assegurar a confiabilidade de nossa identificação de *filtros* e *amplificadores*, visto que muitas vezes ela explicitava e justificava os aspectos que influenciaram na ECFM. Salientamos que tanto *filtros* quanto *amplificadores* foram caracterizados levando-se em conta uma análise dos comportamentos dos licenciandos em cada evento, fatores contextuais próprios do tempo e contextos nos quais o curso ocorreu e, principalmente, da prática de Lizi, de suas percepções e relatos de situações que ocorreram no contexto de ECFM. Para isso, nos atentamos às situações nas quais foi possível observar transformações nas ações mediadas (WERTSCH, 1998) da professora planejando, ensinando ou refletindo sobre quaisquer fatores que limitaram ou potencializaram as práticas de alguma maneira. Isto significa que tais *filtros* e *amplificadores* não se caracterizaram a partir dos nossos olhares enquanto pesquisadores somente sobre os dados, mas sobre todo o contexto, buscando evidências de fatores influenciadores principalmente na perspectiva de Lizi.

4.6 Exploração dos Dados da Pesquisa

Findo o processo de pré-análise, iniciamos a etapa de *exploração dos dados*. Bardin (2011) explica que esse procedimento, longo e fastidioso, consiste essencialmente em operações de codificação, decomposição ou enumeração de dados, em função de regras previamente formuladas. Isso pode corresponder ao uso de técnicas, compreendidas na literatura como sistemáticas, que permitem evidenciar os relacionamentos funcionais entre diferentes variáveis, sustentar um processo dedutivo e facilitar a construção de novas hipóteses.

Para a exploração dos dados nesta pesquisa, optamos por organizá-la em quadros nos quais informações eram inseridas. A partir da primeira releitura dos textos, dois tipos de quadros foram criados. O primeiro tipo objetivou contemplar os dados advindos das entrevistas realizadas com Lizi, como exemplificado no recorte apresentado no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 Exemplo de quadro produzido no tratamento e análise de dados transcritos a partir das entrevistas

Declaração	Tipos de CPD	Comentários	Filtros ou Amplificadores	Sujeitos envolvidos no processo
Transcrição de falas que emergiram nas entrevistas	Identificação dos tipos de CPD sobre modelos e modelagem identificados nas falas.	Comentários sobre aspectos dos CPD sobre modelos e modelagem identificados nas falas.	Descrição de filtros ou amplificadores, ou outros aspectos declarados por Lizi, que influenciaram na manifestação de seus CPD sobre modelos e modelagem.	Sujeitos destacados na fala que influenciaram, de alguma maneira, suas experiências com a ECFM.

Fonte: O autor.

Produzir esses quadros possibilitou a *microanálise* dos dados das entrevistas que, segundo Mortimer e colaboradores (2007), é uma etapa da pesquisa a partir da qual, busca-se identificar, descrever e analisar elementos específicos do contexto de pesquisa. A partir desses quadros, pudemos realizar a microanálise tal qual definida por esses autores e, além disso, apontamos fragmentos dos elementos contextuais da pesquisa, relacionados ao processo de ensino para a ECFM nos encontros do curso, que se destacaram. Isto facilitou a seleção e análise dos dados relacionados às entrevistas. Além disso, descrevemos elementos contextuais declarados pela professora relacionados ao processo de ensino visando a ECFM que foram importantes para a melhor compreensão de CPD sobre modelos e modelagem manifestados nas suas declarações.

O quadro 4.4 é um exemplo genérico que representa o segundo tipo de quadro, que utilizamos para tratar e analisar dados oriundos dos encontros do curso.

Quadro 4.4 Exemplo de quadro produzido no tratamento e análise de dados transcritos a partir dos encontros promovidos por Lizi com os licenciandos

Episódio	Tipos de CPD	Ações	Transcrições / Comentários
Identificação do episódio do encontro.	Identificação dos tipos de CPD sobre modelos e modelagem manifestados por Lizi no episódio.	Ações promovidas por Lizi e pelos licenciandos no episódio.	Descrição geral do episódio, do contexto geral do episódio, das ações gerais promovidas pelos licenciandos; transcrição das falas de Lizi e dos licenciandos (ver exemplo no Apêndice 2); informações contidas em notas de campo feitas pelo pesquisador; indicações de filtros e amplificadores no contexto de ensino que influenciaram a mobilização de CPD sobre modelos e modelagem por Lizi no episódio; comentários importantes do pesquisador.

Fonte: O autor.

A primeira coluna deste quadro é destinada à identificação dos episódios que caracterizam, de modo geral, o encontro. Mortimer e colaboradores definem episódio como “um conjunto coerente de ações e significados produzidos pelos participantes, em interação, que tem início e fim claros e que pode ser facilmente discernido do episódio precedente e do subsequente” (MORTIMER, *et al.*, 2007, p. 61). Por exemplo, na pesquisa, a condução de Lizi de um experimento específico caracteriza um episódio por apresentar geralmente início, meio e fim bem claros. Se em seguida, Lizi discutia aspectos deste experimento, isto se configurava como outro episódio, distinto do primeiro.

Chamada também de *macroanálise* (MORTIMER *et al.*, 2007) a identificação de episódios, quando vista a partir de todo o encontro, define o mapa de episódios que o caracteriza possibilitando organizar e visualizar o conjunto global dos contextos e situações de ensino, neste caso, dos encontros. Outro ponto a ser destacado é que, quando o pesquisador tem familiaridade com o contexto de ensino, há possibilidade de gerar hipóteses sobre estratégias, subtemas, assuntos e conceitos que possam ser abordados nos encontros e em quais momentos cronológicos dos encontros eles podem emergir.

Assim, a partir da segunda coluna, foram inseridos dados advindos da microanálise. Por exemplo, a segunda coluna se refere à identificação dos tipos de CPD sobre modelos e modelagem manifestados por Lizi ao ensinar, semelhante à coluna de mesmo nome no quadro apresentado na figura 4.3. Além dessa semelhança, as mesmas categorias de análise, sobre os CPD sobre modelos e modelagem foram utilizados, dessa vez, com foco nas ações de Lizi. Nisso reside a principal diferença com a categorização feita nos quadros contendo transcrições

de entrevistas porque, naquele caso, os CPD foram identificados a partir de declarações da professora. Neste tipo de quadro (4.4), os CPD foram identificados a partir da ação de ensinar.

Alguns critérios foram definidos para se estabelecer o grau de detalhamento das descrições sobre ações de Lizi no contexto de mobilização de $ePCK_T$ sobre modelos e modelagem:

- Ações que não se enquadravam em *ePCK_T sobre modelos e modelagem* eram descritas de modo geral e superficialmente. Por exemplo, quando Lizi discutia aspectos sobre NdC, suas ações foram descritas simplesmente como ‘discussão de aspectos de NdC’.
- Ações relacionadas a aspectos gerais da ECFM, por exemplo, as que envolviam mobilização das Bases Gerais de CPD sobre modelos e modelagem foram descritas em termos específicos da prática, sem detalhá-las. Por exemplo, Lizi organizava os licenciandos em grupos para a elaboração de modelos. Esta é uma estratégia geral pautada nos seus *Conhecimentos pedagógicos sobre modelos e modelagem* e, por isso, foi descrita como ‘organização dos licenciandos em grupos’.
- Ações específicas voltadas para a ECFM foram descritas no nível mais específico de detalhamento, ou seja, tal qual como ocorreram. Por exemplo, durante uma das discussões sobre características do processo de modelagem, Lizi observou que as discussões estavam se desviando do foco principal: o processo de modelagem vivenciado. A partir disso, ela retomou o discurso, guiando os licenciandos para a continuidade das discussões sobre o processo de modelagem. Neste ponto, uma das ações específicas de Lizi foi descrita como ‘retomou o discurso ao perceber que as discussões estavam, novamente, destoando do contexto de reflexão sobre a ECFM’.

Os dados originados da terceira coluna desses quadros tiveram grande importância, sobretudo, na identificação e caracterização dos *ePCK_T sobre modelos e modelagem* mobilizados por Lizi. Salientamos que estes critérios também foram estruturados a partir da definição para $ePCK_T$ que apresentamos e que se pautou no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) e no modelo DMM v2 (GILBERT; JUSTI, 2016).

O pesquisador realizou uma primeira análise dos dados buscando utilizar tanto as categorias quanto os critérios de análise. A partir disto, ele disponibilizava todos os quadros à orientadora da Tese, que também analisava o material. Em seguida, a orientadora enviava os materiais analisados e revisados por ela, com seus comentários, para apreciação do pesquisador que, consecutivamente, reanalisava todos eles. Como em etapas anteriores, este movimento ocorreu duas vezes para cada documento, buscando-se maior confiabilidade e validade das

análises (SALDAÑA, 2015). Somente a partir deste movimento, ambos se reuniam buscando chegar em um consenso sobre pontos que ainda careciam de concordância.

4.7 Análise dos Dados: Inferências e Interpretações

Neste estudo, a análise dos dados foi realizada a partir de significados de duas formas principais de manifestação⁴⁰ dos CPD sobre modelos e modelagem da professora investigada: os CPD declarados e os CPD de ações de ensino⁴¹ (MAZIBE; COETZEE; GAIGHER, 2020). Os CPD declarados se referem aos conhecimentos que professores relatam ou declaram em suas falas. Uma das maneiras de se ter acesso a esses conhecimentos envolve solicitar que professores declarem por meio de relatos experiências e situações, algo facilitado quando eles são entrevistados. Por sua vez, os CPD de ações de ensino se referem à manifestação de conhecimentos nas ações de professores quando ensinam, o que resulta em tal manifestação poder ocorrer de diversas maneiras.

Os dados obtidos nesta pesquisa se caracterizam nessas duas formas de manifestação de CPD da professora. Visando favorecer a discussão das questões que orientam este estudo, a análise dos mesmos foi dividida em duas partes. A primeira parte se relaciona à manifestação de CPD sobre modelos e modelagem pela professora em uma perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978), ou seja, buscando investigar como ela adquiriu ou mobilizou CPD ao longo de suas trajetórias escolares, acadêmicas e profissionais e como esses CPD foram se desenvolvendo ao longo do tempo e em diferentes contextos educacionais. Para isto, analisamos exclusivamente os dados advindos de suas declarações (CPD declarados) na entrevista inicial.

⁴⁰ Nesta Tese, quando os CPD sobre modelos e modelagem estão em evidência, consideramos os sentidos atribuídos aos modos como eles se tornam expressos e, portanto, acessíveis. Para isso, utilizamos verbos ou verbos nominalizados para tais expressões a partir do que tivemos acesso. Assim, usamos o verbo “manifestar” de uma maneira mais geral, quando os CPD são evidenciados/observados sem foco em nenhuma das “funções” identificadas para os outros verbos; “adquirir”, quando são adquiridos por estudos ou se manifestam pela primeira vez; “mobilizar”, em situações nas quais os CPD estão utilizados a partir do repertório pessoal de CPD da professora; “complementar” e “integrar”, quando o sentido é de ampliação de um CPD já existente; “influenciar” e “ser influenciado”, quando a análise indica que houve influências entre CPD; e “transformar”, quando Lizi explicita que houve transformação de um tipo de CPD em outro. Tomando o RCM como base (CARLSON; DAEHLER, 2019), tais influências indicam “movimentos” de fora para dentro ou de dentro para fora do modelo.

⁴¹ Uma terceira forma de manifestação de CPD de professores pode ser observada quando eles relatam seus CPD por meio de escrita, preenchimento de questionários ou produção de relatórios, expressando seus *CPD relatados* (MAZIBE; COETZEE; GAIGHER, 2020). Devido à metodologia utilizada para coletar dados no presente estudo, tal forma de manifestação de CPD não é utilizada nesta Tese.

A segunda parte se relaciona à manifestação de CPD sobre modelos e modelagem quando a professora estava envolvida na promoção da ECFM junto aos licenciandos. Para isso, os dados adquiridos a partir da observação de sua prática (CPD de ações de ensino) e de entrevistas pré e pós-encontros (CPD declarados e CPD de ações de ensino na perspectiva de $ePCK_P$ e $ePCK_R$) foram analisados, sempre que possível de forma integrada. Assim, nessa segunda parte da análise, realizamos a triangulação de dados (ERICKSON, 2012) adquiridos nas entrevistas e a partir das videograções dos encontros em que Lizi ensinava sobre modelos e modelagem no contexto de ECFM.

Sobre a apresentação das análises e dos resultados e discussões, alguns esclarecimentos ao leitor são necessários. Um deles é que uma de nossas escolhas metodológicas envolveu identificar, caracterizar e analisar apenas aspectos dos CPD relacionados ao RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) que se tornaram explícitos nos dados. Ou seja, na análise, a identificação, a caracterização, as inferências e interpretações que fizemos estiveram sujeitas a aspectos que foram manifestados explicitamente por Lizi, seja em suas declarações (como nos dados das entrevistas) seja nas suas ações durante os encontros. Esta ressalva é importante porque, como pode ser percebido no próximo capítulo, em alguns dados apresentados houve indícios significativos da manifestação implícita de CPD sobre modelos e modelagem que se destacavam em nuances de suas declarações. Estes não foram considerados em nenhuma hipótese uma vez que um dos nossos objetivos era manter a integridade das análises e a validade das mesmas, evitando exageros e extrapolações interpretativas.

Outro esclarecimento diz respeito à menção dos CPD sobre modelos e modelagem durante a apresentação dos resultados das análises. Nessa apresentação optamos por suprimir em quase todas as ocorrências os termos *modelos e modelagem* na menção às categorias de CPD. Como eles apareceram com bastante frequência, isto foi feito para deixar a leitura mais fluida e evitar repetições exageradas dos mesmos. Para destacar que se referem aos CPD sobre modelos e modelagem, apresentamos esses termos em *itálico* (por exemplo, *Conhecimentos pedagógicos*, $pPCK$ etc.). Por outro lado, caso a referência seja feita a CPD de modo geral, como apresentados na literatura sobre a Educação em Ciências, os termos são apresentados sem o realce em *itálico*.

A análise dos dados e discussão dos resultados foi realizada a partir de movimentos de descontextualização e recontextualização (VIGOTSKI, 1991) de dados adquiridos na fase de coleta (TESCH, 1990). Para isso, buscamos extrair situações contextuais de seu conjunto global, tanto declaradas por Lizi quanto promovidas no ensino que contemplassem

componentes de *CPD* à luz do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), separando-as de seus contextos originais (isto é, promovendo a descontextualização dos dados).

No contexto dos *CPD* declarados (a partir da entrevista inicial ampla) foi possível, dentre outros resultados, a geração de figuras que caracterizam a aquisição de *CPD* em contextos específicos, que nomeamos como *contextos didáticos críticos*. Tais figuras favorecem uma visão estática e situada da manifestação desses *CPD*. Nota-se que esses *contextos* têm uma característica mais ‘macro’ porque são situações contextuais relacionadas a níveis educacionais. Ao final deste movimento, realizamos um caminho inverso, ou seja, de recontextualização das situações, reagrupando os dados em um segmento (PARK, 2019). Isto possibilitou a geração de figuras que caracterizam a manifestação de conjuntos de *CPD* adquiridos ao longo do tempo para obtermos uma visão mais dinâmica e mais holística da manifestação desses *CPD*.

No contexto dos *CPD* sobre ações de ensino, buscamos descrever e apresentar uma macroanálise dos *CPD* manifestados nos encontros, o que gerou quadros característicos de mapas de episódios. Em seguida, realizamos microanálises de situações específicas e determinantes de manifestação de *CPD* na prática da professora, em cada encontro, que denominamos *eventos didáticos críticos*, os quais buscamos analisar profundamente (CROSS; LEPAREUR, 2015).

Ambos, *contextos didáticos críticos* e *eventos didáticos críticos* são situações nas quais estrutura temporal e eventos específicos são bem definidos e capazes de causar mudanças tanto no que sabemos quanto no modo como o conhecemos (DUSCHL; GITOMER, 2011). Destacar tanto os contextos quanto os eventos didáticos críticos tem potencial analítico e contribuiu para nossa discussão sobre as QP. Entretanto, para viabilizar a realização da análise, precisamos fazer uma seleção desses contextos e eventos.

Carlson e colaboradores (2019) discutem vantagens de analisar situações críticas (no caso desta Tese, contextos didáticos críticos e eventos didáticos críticos) em pesquisas sobre *CPD* de professores de Ciências afirmando que elas ilustram bem situações em que o RCM (CARLSON, DAEHLER, 2019) orienta o ensino (na perspectiva de uma ferramenta orientadora) e análises de situações de ensino e aprendizagem (na perspectiva de uma ferramenta analítica). Assim, este modelo passa de uma visualização abstrata para uma ferramenta em potencial usada por educadores e pesquisadores. Nesta pesquisa, isto nos auxiliou a compreender muitos dos elementos dos *CPD* da professora.

Neste sentido, analisamos os dados tematicamente, por meio de uma abordagem indutiva e dedutiva (CARPENDALE; HUME, 2019), a partir da análise dos dados advindos dos relatos reflexivos da professora (obtidos da entrevista inicial) e dos dados oriundos de suas ações no contexto de promoção da ECFM a licenciandos (possível a partir da análise triangulada das notas de campo geradas pelo autor, observação, entrevistas pré e pós-encontros e do acesso aos artefatos produzidos por ela).

Utilizamos o RCM para a análise em uma abordagem indutiva investigando: os *CPD* em seus contextos de manifestação, identificando os principais parâmetros de influência nos *CPD* que este modelo considera e quaisquer temas emergentes dos dados, ou situações, pertinentes aos objetivos da pesquisa. Por exemplo, os parâmetros analíticos para analisar os *ePCK* de Lizi, a partir de entrevistas, eram suas declarações sobre práticas de ensino específicas em contextos de ECFM realizadas no passado. No contexto de ação, os parâmetros analíticos para análise de tais *ePCK* eram as ações da professora e suas declarações antes e depois dos encontros.

Utilizamos também o DMM v2 (GILBERT; JUSTI, 2016) para orientar nossa compreensão sobre os processos realizados por Lizi e suas concepções sobre modelos e modelagem, assim como para fundamentar alguns *CPD sobre modelos e modelagem* (por exemplo, os *CK* e os *Conhecimentos pedagógicos*)⁴². Além disso, o uso desta ferramenta orientadora foi particularmente importante para demarcarmos situações de eventos didáticos críticos, principalmente nas quais cada um desses eventos se situava (por exemplo, situações de *testes* ou *avaliação*).

Para a análise em uma abordagem dedutiva, usamos o RCM principalmente para informar a estrutura analítica e permitir uma visão mais holística dos resultados. Sobre a manifestação dos *CPD* da professora em suas trajetórias escolares, acadêmicas e profissionais, a natureza de *contextos didáticos críticos* se relacionou mais a seus contextos de ensino e aprendizagem. Assim, os contextos de aprendizagem de Lizi (Educação Básica, Graduação, Mestrado, Doutorado, Pós-Doutorado), os de ensino (em colégios e universidades), e os focados especificamente em pesquisa (desenvolvendo projetos como o do Pós-Doutorado) são contextos didáticos críticos que delineiam bem momentos de aquisição, mobilização e

⁴² Ressaltamos que os critérios de análise derivaram do DMM v2 (GILBERT; JUSTI, 2016), mas ele não foi usado como ferramenta analítica, pois toda a organização da análise dos conhecimentos de baseou no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019).

desenvolvimento de *CPD*, na perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978). Isto contribuiu fundamentalmente para a construção das figuras que representam, em geral, os *CPD* em cada um desses contextos.

Por sua vez, manifestações dos *CPD* na atuação docente da professora foram situadas em *eventos didáticos críticos* que ocorreram no curso para a ECFM na RP do que quando se manifestaram nas suas declarações sobre contextos da sua trajetória profissional promovendo a ECFM. Estes eventos foram demarcados a partir de situações determinantes para o desenvolvimento dos processos de modelagem ou aprendizagem sobre modelos e modelagem dos licenciandos. Assim, situações em que a professora promoveu discussões sobre: o significado de ECFM; a caracterização e/ou a exemplificação de etapas do processo de modelagem; a comunicação de modelos específicos elaborados pelos licenciandos; e discussões sobre a promoção da ECFM na Educação Básica são exemplos de eventos didáticos críticos na promoção da ECFM na RP.

Para caracterizá-los e analisá-los, tanto o RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) quanto o DMM v2 (GILBERT; JUSTI, 2016) auxiliaram, respectivamente, na elucidação dos *CPD* que se manifestavam nas ações de Lizi e na delimitação dos contextos de promoção da ECFM. Como consequência da aplicação de todos os procedimentos e critérios descritos e justificados neste capítulo, produzimos a análise dos dados gerados nesta pesquisa. Considerando a extensão de tal análise, selecionamos partes significativas da mesma para apresentar e discutir no próximo capítulo, no qual também são explicados os critérios de seleção aqui mencionados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo se divide em dois tópicos principais. O primeiro tópico se estrutura a partir da análise dos dados coletados na entrevista inicial, advindos das declarações de Lizi sobre a aquisição, mobilização ou manifestação de seus *CPD sobre modelos e modelagem*. O segundo tópico se estrutura a partir da análise dos dados advindos da observação da prática docente de Lizi, com foco na manifestação de seus *CPD* para a promoção da ECFM.

5.1 CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados nas Trajetórias Escolares, Acadêmicas e Profissionais de Lizi

Neste tópico, apresentamos os resultados e discussões sobre *CPD sobre modelos e modelagem* de Lizi (e aspectos que os influenciaram) manifestados durante suas declarações sobre seus percursos escolares, acadêmicos e profissionais (desde a Educação Básica até contextos de Pós-Graduação, além de contextos de suas experiências docentes promovendo a Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM) na Educação Básica e na Educação Superior). Para isto, identificamos, apresentamos, caracterizamos e analisamos os *CPD* que se manifestaram nas experiências declaradas por Lizi e influências explícitas de alguns fatores nessas manifestações. Isso contribuiu para potencializar a identificação e caracterização de *CPD*, visto que tais influências e relações são elementos considerados no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) e que, a nosso ver, também são influentes em contextos de ECFM.

Esses percursos foram reorganizados a partir de declarações de Lizi que, segundo ela, ocorreram a partir de lembranças de situações e reflexões⁴³ sobre experiências e acontecimentos adquiridos no passado (SCHÖN, 1993). Também a partir disso, identificamos, caracterizamos e analisamos *affordances* (GIBSON, 1986) da ECFM em suas perspectivas de ensino (suas experiências docentes) e de aprendizagem (de seus estudantes).

⁴³ A quase totalidade das reflexões gerais feitas por Lizi destaca um de seus contextos de aprendizagem relacionados à ECFM. Salientamos que essas reflexões não se caracterizam como *ePCK_R*, ou seja, reflexão na ação relacionada a modelos ou à modelagem, mas à reflexão *sobre* as ações (SCHÖN, 1993) em aspectos gerais. Isto nos leva a considerar que reflexões sobre ensino e aprendizagem são atemporais, mas os *ePCK_R* não o são, haja vista que esses *ePCK_R* devem se referir a ações específicas e situadas, de modo bem delineado, no ensino.

Além disso, buscamos traçar caminhos de desenvolvimento (WERTSCH, 1998) desses *CPD* nesses contextos escolares, acadêmicos e profissionais vivenciados por Lizi, associando suas experiências nas quais *CPD* foram manifestados e estabelecendo relações entre os dados em uma perspectiva de desenvolvimento histórico-evolutivo (VIGOTSKI, 1978).

Assim, buscamos responder às duas primeiras QP: “Como *CPD* sobre modelos e modelagem foram adquiridos ou mobilizados por uma professora formadora da área de Ensino de Química durante sua trajetória em contextos de ECFM?”; e “Como esses *CPD* se modificaram ao longo do tempo?”

É importante explicar ao leitor que, neste tópico, apresentamos dois tipos de figuras. O primeiro tipo de figura caracteriza os *CPD* nos contextos didáticos críticos declarados pela professora, considerando-se, a partir deles, aspectos que influenciavam na manifestação de tais conhecimentos nesses contextos. O segundo tipo de figura caracteriza os *CPD* manifestados nesses contextos, porém numa perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978). Ambos os tipos de figuras são adaptações do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019). Além disso, discussões sobre aspectos que influenciaram na configuração do cenário de caracterização desses *CPD*, tais como *contextos, filtros, amplificadores, crenças* e aspectos de sua *identidade docente*, todos se relacionando às suas experiências na ECFM, complementaram as análises.

A organização dos resultados partiu da premissa apontada por Kunter e colaboradores (2019) de que a aquisição e o desenvolvimento de *CPD* de professores de Ciências se configuram em um espectro que deve abranger toda a sua vida escolar, acadêmica e profissional. Nessa premissa, destacam-se oportunidades de aprendizado de professores (algo que discutimos melhor posteriormente) em quatro domínios: sua educação escolar (Educação Básica); sua formação docente (Educação Superior, Mestrado e Doutorado); suas experiências de pesquisa (no Mestrado, no Doutorado e no Pós-Doutorado e, no caso de Lizi, enquanto professora/pesquisadora e membro de um GP); e suas experiências profissionais (advindas da docência nos níveis médio e superior). Salientamos que, por vezes, alguns desses quatro domínios se sobrepõem.

Com essa organização, subdividimos este tópico a partir da ocorrência de contextos didáticos críticos, relacionados a contextos de aprendizagem para a ECFM, de ensino para a ECFM e pesquisa sobre ECFM, buscando obedecer à sua ocorrência temporal. Além disso, destacamos dois subtópicos nos quais foi possível observar reflexões de Lizi sobre situações de planejamento e de ações de ensino para a ECFM, claramente relacionadas ao desenvolvimento de seus *CPD*. Optamos por apresentá-los desfragmentados dos contextos declarados

(descontextualização), isto é, na ordem em que organizamos a sequência de contextos de manifestação dos *CPD*, porque as informações faziam mais sentido se apresentadas situadas numa ordem temporal. Contudo, ao apresentar o segundo tipo de figuras, buscamos promover a recontextualização dos contextos de manifestação de *CPD*, de modo a favorecermos uma compreensão das modificações dos *CPD* de Lizi a longo prazo.

5.1.1 Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora no Contexto Didático Crítico Educação Básica: Uma Possível Origem desses CPD

No início da primeira entrevista, Lizi refletiu sobre experiências que teve quando era estudante da Educação Básica, em aulas de Química do Ensino Médio, no que se refere à aprendizagem sobre modelos. Ela enfatizou que não teve professores na Educação Básica, que ministraram aulas *de* ou *sobre* modelagem, mas alguns se referiam a modelos. Uma experiência que a marcou foi ter aprendido com Armim⁴⁴, professor de Química do 1º Ano do Ensino Médio, o conteúdo Modelos para o Átomo:

“No máximo, [ele usou] alguma abordagem de construção de modelos em Química, na parte de Modelos Atômicos, mas não era sobre modelagem. Era um pouquinho da história da construção de modelos. [...] mas muito em termos de fatos. Um [modelo] que sucedeu o outro. Uma sucessão de fatos históricos e, talvez, um pouquinho ali da História da Ciência que tenha, de alguma forma, contribuído para algum conhecimento de Natureza da Ciência. Na época, ele contou sobre como os cientistas interagiam. A questão de Rutherford ter trabalhado com Bohr. [...] ele até citou isso, mas muito pouco, bem superficial. Então, eu não considero nem que tenha sido propriamente sobre modelagem.”

Lizi destacou genericamente uma das estratégias de ensino de Armim em um contexto simples de ECFM que ela vivenciou como estudante: abordar a construção de modelos, como foco nos modelos, a partir da declaração de uma história sobre essa construção, mas focado nos fatos e na sucessão de um modelo por outro. Apesar da simplicidade do contexto, consideramos que o fato de Lizi ter se lembrado dele tantos anos depois indica que ele teve importância em sua formação. O que Lizi destacou, refletindo sobre isto é que o professor usou a História da Ciência em conjunto com NdC, mas não se atentou a abordar processos relacionados à modelagem.

⁴⁴ Lizi havia destacado que este professor lhe inspira como um modelo de profissional docente por ter marcado seu contexto de aprendizagem em função de ela o considerar um bom professor.

As experiências de Lizi com Armim destacam as “primeiras situações” das quais ela se lembrava de ter se envolvido na aprendizagem de aspectos de ECFM como estudante da Educação Básica, mesmo que o professor tenha focado apenas alguns modelos científicos curriculares. Entendemos que, por ter significância para Lizi, essas lembranças se caracterizam como uma possível origem de aquisição de seus primeiros *CPD*. Isto porque foi a primeira situação lembrada por ela de ter adquirido conhecimentos específicos sobre determinados modelos, cientistas que os propuseram e aspectos de processos de construção desses modelos (mesmo que superficiais). Tais fatores evidenciam a manifestação⁴⁵ de *CPD* das Bases Gerais relacionados aos *CK* (porque aspectos sobre modelos científicos foram ensinados pelo professor); *Conhecimentos de currículo* (porque Lizi expressou suas experiências destacando a ordem de ocorrência de fatos, a partir de componentes curriculares relacionados ao conteúdo Modelos para o Átomo⁴⁶, tais como série de abordagem e sucessão de modelos contemplados no conteúdo); e *cPCK*, porque Lizi aprendeu aspectos da ECFM (mesmo que relacionados apenas a modelos) com a colaboração de Armim.

Naquele contexto (Educação Básica), *CK* são bastante compreensíveis visto que ela estava adquirindo conhecimentos de um conteúdo cujos temas principais são modelos para átomos. Sobre *Conhecimentos de currículo*, destacamos que estudantes podem adquirir uma compreensão superficial da organização curricular de disciplinas, conteúdos e conceitos estudados por eles nos respectivos anos. Por exemplo, no Estado de Minas Gerais, Modelos para o Átomo é um conteúdo de Química que era sugerido pelos documentos norteadores para o 1º ano do Ensino Médio como forma de ensino e aprendizagem de constituição e a organização dos materiais (MINAS GERAIS, 2007) – organização curricular semelhante àquela em que Lizi aprendeu o conteúdo.

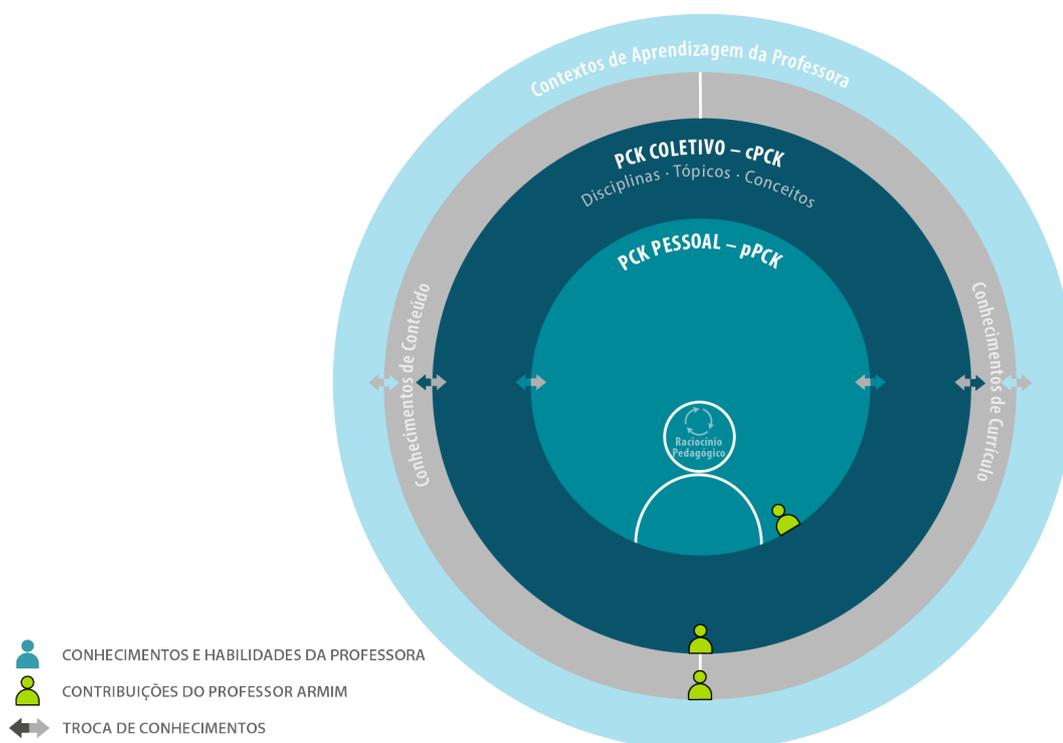
Destacamos também a aquisição de *pPCK* pela professora por entendermos que todos os *CPD*, adquiridos com a colaboração de Armim (*cPCK*), integram sua base de conhecimentos individuais que podem influenciar a curto, médio ou a longo prazo na promoção da ECFM.

Na figura 5.1, apresentamos um esboço dos *CPD* adquiridos por Lizi enquanto estudante do Ensino Médio.

⁴⁵ Para simplificar o texto, o termo *manifestação de* será omitido quando os conhecimentos forem identificados no futuro.

⁴⁶ Lizi destacou em sua fala a sucessão de fatos históricos relacionados a esse conteúdo destacando cientistas e modelos atômicos propostos, e exemplificando, inclusive, a relação de trabalho entre Rutherford e Bohr.

Figura 5.1 Caracterização de *CPD* adquiridos pela professora no contexto didático crítico de Educação Escolar



Fonte: O autor.

A figura 5.1 representa os *CPD*: *CK*, *Conhecimentos de currículo*, *cPCK* e *pPCK*, adquiridos por Lizi, neste contexto didático crítico de Educação Escolar. Armim foi o único professor que se destacou em suas reflexões por contribuir para a aquisição de *CPD* das Bases Gerais. Por isso, representamos Lizi pelo ícone localizado ao centro do modelo e Armim por ícones localizados nos círculos que caracterizam *CPD* cujas manifestações demonstraram suas influências⁴⁷.

Assumimos que, de início, ficamos receosos sobre a validade desses conhecimentos adquiridos por Lizi no contexto de Educação Básica como parte integrante de seus *CPD*. Contudo, como afirmam Tardif e Raymond (2000), o fato de profissionais de Educação começarem a experienciar situações de ensino e adquirir experiências a partir delas resulta na aquisição e influências em seus *CPD* pré-existentes, crenças, valores, identidade docente etc.

⁴⁷ Nas próximas figuras que representam a caracterização dos *CPD sobre modelos e modelagem* manifestados por Lizi em outros contextos didáticos críticos, assim como em eventos didáticos críticos, os sujeitos que influenciaram na manifestação dos referidos *CPD* são situados buscando-se este padrão, ou seja, situados em círculos nos quais tiveram influências diretas em tais manifestações.

antes mesmo de atuarem como professores. Concordamos com esses autores quando afirmam que diversos CPD podem: (i) ser adquiridos em contextos “exteriores” aos do ofício de ensinar; (ii) ser construídos socialmente nas interações que se estabelecem nesses contextos, antes mesmo do início da atuação docente, ou fora do trabalho cotidiano; e (iii) ser influenciados por tais interações à medida em que elas contribuem para os modos de pensar, de fazer escolhas, crenças e até mesmo identidades de futuros professores.

Quando refletimos sobre nossas experiências pré-docência, isto fica mais evidente. Durante nosso percurso escolar, nos socializamos com professores, outros estudantes e outros membros da comunidade escolar. No Brasil, por exemplo, se considerarmos o tempo necessário para formação no Ensino Fundamental e Ensino Médio, sem retenções ou interrupções, podemos contabilizar 12 anos observando boas e más práticas docentes, adquirindo conhecimentos – tanto de conteúdos quanto práticos – com professores. Entendemos que esta é uma das razões de boas e más práticas docentes serem geralmente lembradas e influenciarem naquilo que professores buscam fazer, seja imitando bons professores seja buscando fazer diferente daqueles que usam estratégias consideradas pouco eficazes (FONSECA; MAGINA, 2017). Nessa perspectiva, concordamos que o tempo de aprendizagem do trabalho docente não se limita à duração do percurso de formação profissional e de atuação profissional, mas inclui também aquilo que foi significativo para professores em suas vivências como estudantes (TARDIF; RAYMOND, 2000). Quando Lizi expressou situações de aquisição de *CPD* na Educação Básica, lembrando práticas de um professor tido por ela como “especial” e que marcou sua formação na Educação Básica (subtópico 4.1.2), ficamos mais convictos desse entendimento sobre aprender a docência observando docentes em contextos de aprendizagem.

A caracterização dos percursos escolar e acadêmico de Lizi corrobora afirmações de Sorge e colaboradores (2019) de que licenciandos em cursos de Educação em Ciências desenvolvem conhecimentos iniciais, sobretudo relacionados às Bases Gerais de CPD, durante suas vivências em contextos de aprendizagem na educação escolar, com destaque para os CK, como descrito por Sadler e Tai (2001). Nessa direção, entendemos que a profissão docente é uma dentre as poucas profissões que possibilita a aquisição de conhecimentos profissionais, mesmo que superficiais, antes de os futuros profissionais estudarem ou aprenderem especificamente sobre suas profissões.

5.1.2 Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora nos Contextos Didáticos Críticos de Educação Superior: Graduação e Pós-Graduação

5.1.2.1 CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora Caracterizados no Contexto Didático Crítico na Graduação em Química Licenciatura

Lizi cursou Licenciatura em Química em uma UF e teve experiências relacionadas à ECFM nos contextos de disciplinas ministradas por professores específicos e de participação em um programa de IC (orientada por uma professora, Maria⁴⁸). Assim como ocorreu na Educação Básica, Lizi afirmou que “durante a Graduação, IC, foi a parte de modelos e não a modelagem”.

Refletindo sobre este contexto, Lizi tentou se lembrar de algum professor de Química ou de Ensino de Química da Graduação que tivesse promovido atividades de modelagem. Sem sucesso, foi categórica ao afirmar que:

“Não, isso zero! Nenhuma [situação] mesmo! Eu acho que eu nunca nem tinha escutado essa palavra [modelagem]. Talvez, eu tenha escutado em Instrumentação [para o Ensino de Química], talvez não. Instrumentação teve, mas como eu falei, nem foi a Maria quem ministrou. Era uma professora bacana, mas te confesso que não me marcou muito não.”

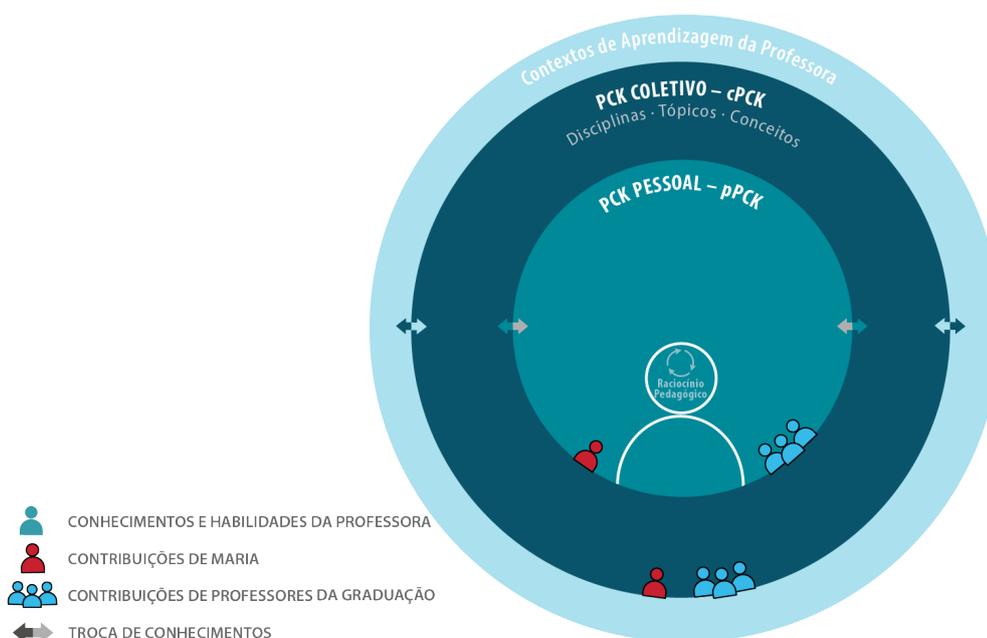
Em contextos de formação de professores são comuns a aquisição, ampliação e desenvolvimento de CPD. Segundo Sorge e colaboradores (2019), eles também favorecem especialmente a aquisição de CPD que integram as Bases Gerais, bem como de PCK dos tipos cPCK e pPCK. Quando pensamos em aulas de disciplinas que abordam aspectos da Pedagogia geral e de Ciências, percebemos a riqueza desses cenários para esses processos. Além disso, outras disciplinas tendem a favorecer a mobilização de ePCK para o ensino de Ciências, sobretudo, aquelas relacionadas aos Estágios Docentes e Práticas de Ensino de Ciências. Nessas disciplinas, licenciandos geralmente vivenciam atividades de planejamento, atuação no ensino e reflexão sobre tais atividades, seja a partir de simulação de práticas de ensino seja lecionando em determinados níveis escolares dos Estágios.

Nas experiências de Lizi na Graduação, além da aquisição e ampliação de seus *pPCK*, houve destaque para influências de Maria, sua orientadora de IC, e outros professores que

⁴⁸ Maria tem bastante destaque e teve muita influência na formação acadêmica e profissional de Lizi. Por isto, tem destaque nas representações dos *CPD* adquiridos e mobilizados por Lizi, frente a outros professores.

participaram da sua formação profissional na Licenciatura em Química. Considerando tais influências, na figura 5.2 representamos os *CPD* adquiridos (e ampliados) por Lizi no contexto de Graduação em Química Licenciatura.

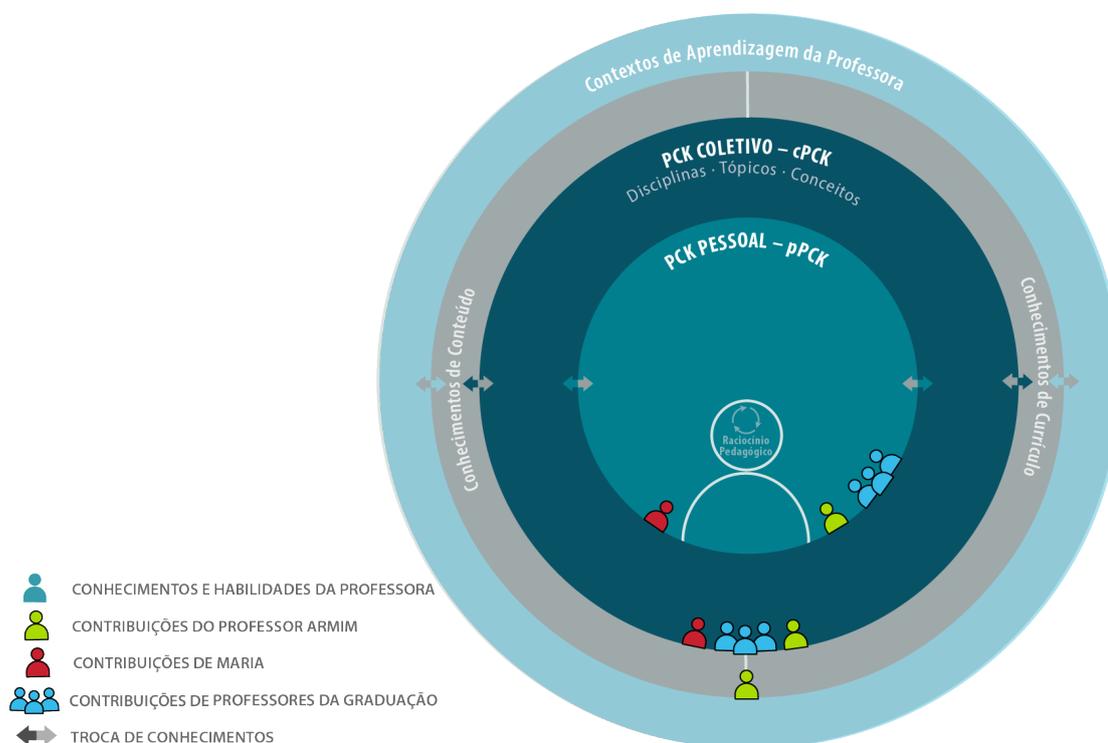
Figura 5.2 Caracterização de *CPD* adquiridos pela professora no contexto didático crítico de Graduação em Química Licenciatura



Fonte: O autor.

Numa perspectiva de desenvolvimento (WERTSCH, 1998), apresentamos a figura 5.3, para representar como compreendemos o espectro de *CPD* numa perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978) em contextos de ECFM. Assim, na figura 5.3 consideramos a manifestação desses *CPD* desde a Educação Escolar à Graduação. Este tipo de consideração é feito a partir de cada contexto didático crítico nos quais analisamos os *CPD sobre modelos e modelagem* manifestados por Lizi. Além desses *CPD* representamos os sujeitos que influenciaram neste contexto e no processo.

Figura 5.3 Caracterização de *CPD* adquiridos pela professora desde o contexto didático crítico de Educação Escolar até o contexto didático crítico de Graduação em Licenciatura em Química



Fonte: O autor.

Retornando aos *CPD* manifestados por Lizi no contexto de Graduação (em Licenciatura em Química), figura 5.2, e a figura 5.3 que busca ressaltar os *CPD* adquiridos ao longo das suas experiências, ocorreu um processo semelhante ao ocorrido na Educação Básica (figura 5.1). Nos quatro anos de experiências observando e aprendendo com professores universitários, Lizi adquiriu *CPD* de diversas naturezas, incluindo *CPD sobre modelos e modelagem* (com foco em modelos). Flores (2009) sobrealça a importância disso na constituição da profissão docente:

Contrariamente a outros futuros profissionais, quando entram em um curso de formação inicial, os futuros professores já conhecem o contexto no qual exercem sua atividade, as escolas ou as aulas. O contato prolongado com a futura profissão, através da observação de seus professores, afetará, em maior ou menor medida, seu entendimento e sua prática de ensino, como alunos candidatos a professores, ou como professores principiantes (p. 61).

Este entendimento de Flores se mostra pertinente quando pensado no contexto de formação docente de Lizi, ao observar professores ensinando modelos. Além dos 12 anos anteriores observando professores da Educação Básica ensinando, ela também viveu quatro anos observando professores da Graduação, também ensinando. Isto significa que foram 16 anos observando práticas docentes, boas ou ruins, e adquirindo *CPD*, dentre eles os que se

relacionam à ECFM. Nesse sentido, concordamos com Cunha (2010) quando ela destaca que “docentes se inspiram, principalmente, nas práticas e valores de seus ex-professores e, com essa condição, vão se tornando professores” (p. 51).

A figura 5.3 representa, a partir da acentuação das cores dos círculos representativos dos *CPD sobre modelos e modelagem*, a ampliação desses *CPD* que já haviam sido caracterizados no contexto didático crítico anterior (figura 5.1) e que se mostraram ampliados na manifestação dos seus conhecimentos no contexto didático crítico abordado neste tópico (figura 5.2). Porém por serem situados em tempos, espaços e influenciados por diversos fatores que também são idiossincráticos, é possível observar que a dinâmica se estabelece no modelo, mesmo sem aquisições de outros *CPD*. Além disto, os sujeitos que influenciaram na manifestação dos *CPD* na trajetória de Lizi são diferentes e foram mudando. Isto é algo que merece destaque em todas as outras figuras que representam esse desenvolvimento dos *CPD sobre modelos e modelagem* nas trajetórias escolares, acadêmicas e profissionais de Lizi.

5.1.2.2 *CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora Caracterizados em Contextos Didáticos Críticos de Pós-Graduação: Processo Seletivo de Mestrado, Mestrado e Doutorado*

Vários foram os contextos didáticos críticos de formação docente relacionados à Pós-Graduação destacados por Lizi nos quais ela manifestou *CPD* que marcaram sua trajetória acadêmica e profissional: seus estudos para ingressar no Mestrado; suas experiências no Mestrado; e suas experiências no Doutorado. Diante disto, subdividimos este subtópico obedecendo a sequência desses eventos, narrada pela professora.

5.1.2.2.1 *CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora Caracterizados no Contexto Didático Crítico de Participação em Processo Seletivo de Mestrado em Educação*

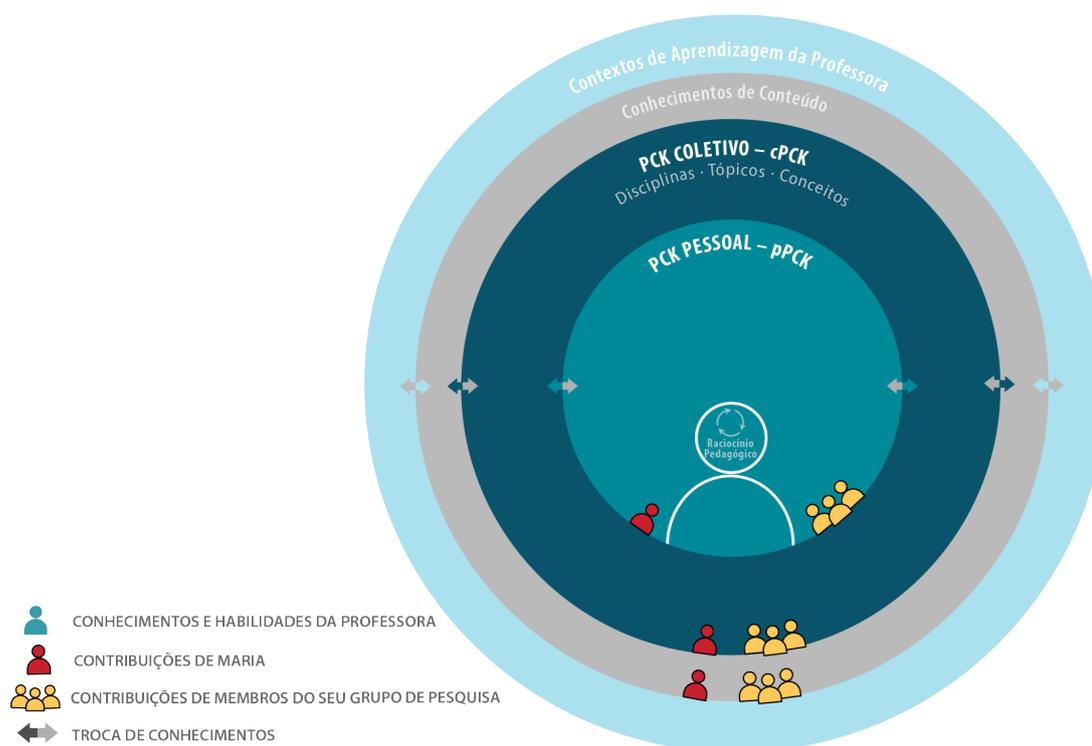
Ao final da Graduação, Lizi participou do processo seletivo para ingresso no Mestrado em Educação na mesma UF em que cursou a Licenciatura em Química. Mesmo ocorrendo ao final da Graduação, consideramos a sua preparação para esse processo um contexto didático crítico específico de projeção para a Pós-Graduação, haja vista os principais objetivos de Lizi: adquirir e mobilizar conhecimentos relacionados à ECFM para produzir seu pré-projeto de Mestrado e se preparar para a entrevista que ocorreria no processo. Neste contexto, ela teve que explicar e justificar seu projeto e suas perspectivas para a futura pesquisa. Ela informou, em linhas gerais, como ocorreram os estudos para a escrita do pré-projeto:

“Antes do Mestrado, eu fiz um pré-projeto para ingressar. Aí, eu fiz leituras sobre modelos e modelagem no final da Graduação para escrever esse pré-projeto e tive algumas discussões com a Maria, que era minha pretensa orientadora de Mestrado. [...] Mas foi mais significativo quando a gente debateu [depois da aprovação], quando tinha mais gente [do Grupo de Pesquisa] participando, eu acho que eu interiorizei mais as ideias.”

Nesta fala, Lizi destacou que leituras relacionadas à ECFM foram algumas de suas principais práticas durante a elaboração de seu pré-projeto de Mestrado. Essas práticas resultaram na aquisição de *CK* e *pPCK*. Além disso, este foi um contexto no qual ficou explícita a aquisição de *cPCK* a partir das discussões sobre a ECFM tanto com Maria quanto com outros membros do seu GP. Isto ficou bastante evidente quando ela declarou que a colaboração de outras pessoas auxiliou no seu processo de internalização de ideias.

A figura 5.4 representa a caracterização dos *CPD* manifestados pela professora no contexto de preparação para o processo seletivo de Mestrado.

Figura 5.4 Caracterização de *CPD* adquiridos pela professora no contexto didático crítico de preparação para o processo seletivo de Mestrado



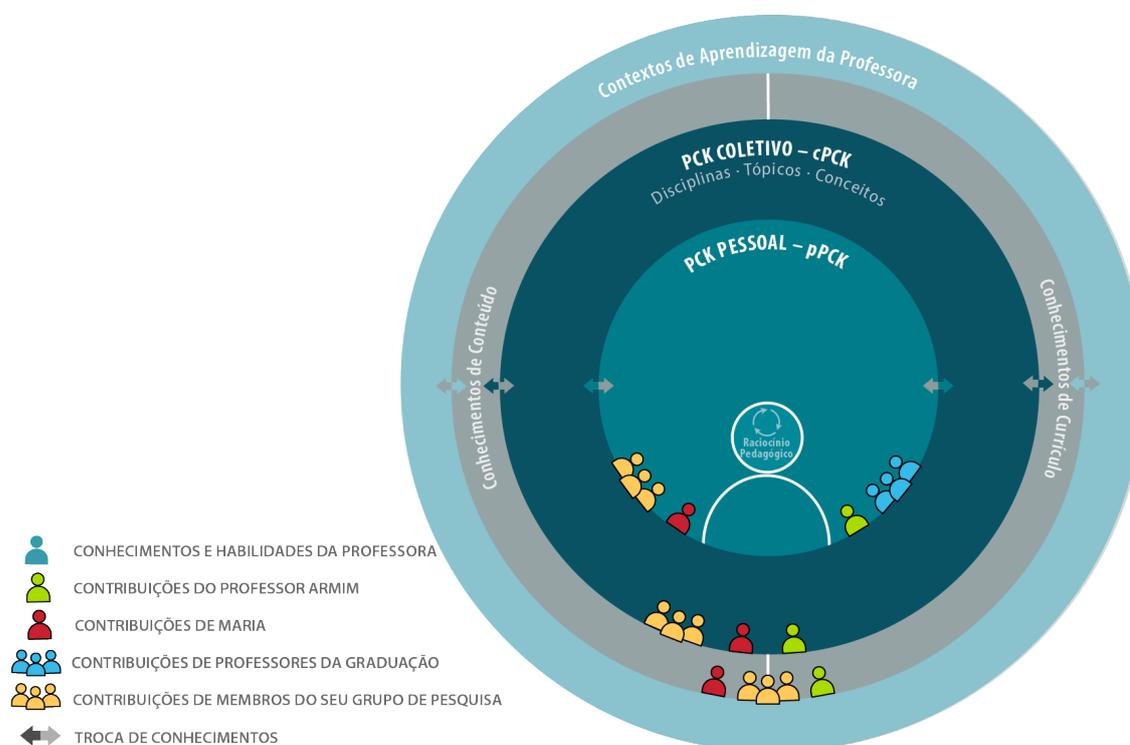
Fonte: O autor.

A partir de uma visão mais global, o relato de Lizi destaca uma influência mútua entre seus *CK*, *cPCK* e *pPCK*. Ficou evidente que, nas discussões sobre ECFM, havia compartilhamento de informações entre ela e outras pessoas, com destaque para Maria. Em

contrapartida, seus *cPCK* influenciavam na ampliação de seus *pPCK* e *CK*, algo possível de se considerar a partir da dinâmica relacionada aos *CPD* que o RCM sugere e considera (CARLSON; DAEHLER, 2019). Lizi não detalhou, mas entendemos que, por ser um pré-projeto de Mestrado que teve como contexto a ECFM, ela e Maria discutiram aspectos tanto teóricos (sobre modelos e modelagem) quanto voltados para práticas de salas de aula pautadas na ECFM.

A figura 5.5 representa os *CPD* adquiridos e/ou ampliados por Lizi desde o contexto didático crítico de Educação Básica (figura 5.1) até este contexto de participação no processo seletivo para o Mestrado, no qual ela teve sucesso.

Figura 5.5 Caracterização de *CPD* manifestados pela professora desde o contexto didático crítico de Educação Escolar até o contexto didático crítico de preparação para o processo seletivo de Mestrado



Fonte: O autor.

5.1.2.2.2 CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora Caracterizados no Contexto Didático Crítico de Mestrado em Educação em Ciências

Em tempos de participação no Mestrado, Lizi adquiriu e mobilizou *CPD* mais consistentes, fruto de sua imersão em estudos teóricos, docência e em sua pesquisa, todos relacionados à ECFM. Ela explicou como aprendeu melhor aspectos da ECFM nesse contexto:

“No Mestrado foram pesquisas mais voltadas para modelagem, mas muito voltado também para o conteúdo de Química, porque o meu foco era avaliar o desenvolvimento de conteúdo dos estudantes a partir da participação em atividades de modelagem. [...] Então, eu estudei sobre modelagem, geral da modelagem, como o processo de modelagem ocorre [...]”

Nessa declaração, Lizi evidenciou a aquisição de *CK* e *pPCK* a partir de seus próprios estudos, focando em aspectos pedagógicos (por exemplo, avaliação do desenvolvimento de conteúdos dos estudantes na ECFM), além de estudos específicos sobre modelagem. Ela também destacou sua participação em uma disciplina de Mestrado que foi ofertada por dois professores, Maria (sua orientadora) e Arthur, experiência que indicou uma mudança de perspectiva de adquirir *CPD*: a partir de estudos colaborativos com os professores e com colegas de turma:

“No Mestrado, teve uma disciplina que marcou muito, com a Maria e com o Arthur. E lá a gente discutia sobre modelos e sobre a construção de modelos. Isso foi em 2004, [...] foi o primeiro contato, que eu tive de realmente estudar a modelagem, de ter discutido textos específicos [sobre este processo].”

No contexto dessa disciplina, a partir da manifestação de *cPCK* (por estudar e discutir em colaboração aspectos da ECFM junto à Maria, ao Arthur e à turma), Lizi adquiriu e pode ampliar seus: *CK*, a partir de estudos e participação em discussões de textos sobre modelos e modelagem; e *pPCK*, a partir da realização de estudos individuais (de textos que eram discutidos na disciplina) sobre situações de ensino nas quais a ECFM ocorria. Ela ainda considerou que “foi uma parte que serviu de grande subsídio para eu poder pensar na estratégia e na condução das atividades em si. Então, isso foi no Mestrado”.

Além do reconhecimento de que os *CPD* adquiridos a partir de estudos teóricos foram importantes para sua melhor compreensão de aspectos da ECFM, algo também marcante para ela foi se envolver efetivamente e, pela primeira vez, com práticas de ensino para a ECFM. Isso ocorreu porque Lizi aplicou, no colégio da UF em que era pós-graduanda, uma sequência de ensino para a ECFM em duas turmas do Ensino Médio:

“A primeira vez que conduzi atividades de modelagem foi no contexto do Mestrado. Eu conduzi em duas turmas do Colégio: sendo uma turma piloto, que foi muito importante para eu avaliar a sequência que eu tinha desenvolvido, para eu avaliar a minha atuação, como eu ia conduzir [as atividades].”

Sua pesquisa de Mestrado dependia dessa aplicação. Contudo, além de subsidiar a produção de dados de sua pesquisa, o fato de Lizi ser a regente das atividades para a ECFM lhe trouxe experiências no nível de *ePCK sobre modelos e modelagem*.

Tanto preparar a sequência de ensino para a ECFM quanto aplicá-la a estudantes do colégio proporcionaram-lhe adquirir conhecimentos de origem teórica (porque ela estudou sobre a ECFM) e prática. Em suas palavras “quando eu tive que planejar atividades, aplicar... aí que a coisa tomou forma para mim, aí foi mais marcante”.

Nestas declarações, Lizi tornou evidentes a manifestação de *ePCK_P*, ao planejar as atividades e *ePCK_T*, ao aplicá-las. Isto marcou sua trajetória docente e indicou as primeiras situações de manifestação de *CPD* em domínios de prática de ensino, visto que até então ela havia adquirido *CPD* apenas a partir de estudos teóricos e discussões com outras pessoas. Nota-se que esses *ePCK* que se manifestaram são do nível de atividades e não de ações.

No contexto da prática de ensino para a ECFM, Lizi reconheceu que teve dificuldades em conduzir as atividades de modelagem nas duas primeiras vezes em que fez isto. As dificuldades mais marcantes se relacionaram à condução das atividades em geral e à condução da dinâmica e participação de estudantes das turmas:

“No primeiro momento, eu tive muita dificuldade de não dar as respostas, de estimular o estudante a pensar, de pensar em situações-problema que se relacionariam ou os instigariam a recorrer a algum conhecimento prévio, desenvolver uma pesquisa sem dar uma resposta. Então, a maior dificuldade que eu tive nesse começo foi essa, porque saía muito daquele ensino... do professor dar uma resposta certa. [...] Mas, ao mesmo tempo, eu me surpreendi porque eu já tinha tanto isso em mente, eu já estava estudando tanto sobre modelagem e lendo a respeito, eu já tinha tanta convicção de como aquilo tinha que ser conduzido que, mesmo hoje, tantos anos depois, muitos anos... Mais de 10, quase 15 anos, eu acho... Eu ainda falo assim “eu acho que conduzi bem para uma primeira vez, eu acho que foi bem-conduzido”... De deixar os estudantes pensarem, de fazer perguntas e mais perguntas.”

Essas declarações de Lizi destacam o surgimento de dois tipos de *CPD*, que integram as Bases Gerais⁴⁹. Um deles, os *Conhecimentos dos estudantes*, relacionados aos estudantes das duas turmas do colégio que vivenciavam as atividades para a ECFM, quando Lizi buscou instigá-los a elucidar seus conhecimentos prévios. Tais *Conhecimentos dos estudantes* se tornaram mais evidentes quando ela disse que eles fizeram muitas perguntas no processo. O outro, os *Conhecimentos pedagógicos*, foram mobilizados quando ela promoveu estratégias gerais de ensino para a promoção da ECFM dentre as quais se destacaram: buscar envolver os

⁴⁹ É interessante destacar também que parece ter havido a mobilização de *CK* (adquiridos nos estudos teóricos) que podem ter influenciado e ter sido influenciados os *pPCK* de Lizi. Contudo, ela não deu detalhes sobre o que estudou. Por isso, optamos em não caracterizar os *CK* neste contexto específico para mantermos o padrão analítico sobre aquilo que realmente foi expresso em suas declarações.

estudantes nas atividades de modelagem sem, contudo, dar respostas prontas e buscando gerar reflexões em sala de aula. Para ela, isto a fez romper com estratégias de ensino com características de ensino tradicional.

Mesmo com as dificuldades encontradas e sentidas por Lizi, ela se surpreendeu positivamente com sua performance e atribuiu importância principalmente aos estudos teóricos para atingir bons resultados na prática, o que caracterizou parte de seus *pPCK* naquele contexto. Essas experiências pessoais de Lizi serviram para ampliar seus *pPCK*, principalmente ao incorporar aspectos reais da prática para a ECFM⁵⁰. Portanto, interpretamos que elas demarcam um contexto importante de desenvolvimento de seus *pPCK*.

Sobre isto, resgatamos afirmações de Wertsch (1998) sobre o fato de que os principais elementos de quaisquer ações mediadas, os sujeitos e as ferramentas culturais que emprega, passam por caminhos de desenvolvimento (uma das propriedades da Ação Mediada) numa perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978). Essa situação na carreira docente de Lizi, em especial, demarcou um “ponto de transição”⁵¹ no que se refere aos seus *CPD*. Por exemplo, as primeiras situações de mobilização de *ePCK* de ordem prática parecem ter sido determinantes para que Lizi compreendesse aspectos dos *pPCK* que ainda lhe faltavam relacionados a situações reais de ensino. Isto foi usado como justificativa por ela ao considerar que na ECFM é preciso romper com o ensino numa perspectiva tradicional.

Sendo um contexto de prática para a ECFM vivenciada por Lizi, houve também a manifestação de *ePCK* dos tipos: (i) *ePCK_R*, ao refletir sobre o uso da ECFM, de estratégias/atividades e de ações para a promoção da ECFM, por exemplo quando agiu para dar mais autonomia aos estudantes nas atividades; e (ii) *ePCK_T*, ao realizar algumas ações, tais como as relacionadas a envolver os estudantes na ECFM, não dar respostas certas, estimular o raciocínio, e deixar os estudantes pensarem.

⁵⁰ Até então, Lizi havia informado que a aquisição de *pPCK* havia ocorrido a partir de estudos teóricos e discussões com outras pessoas, o que indica que tais *pPCK* eram influenciados principalmente pelos seus *CK* e *cPCK*.

⁵¹ Neste contexto educacional, entendemos “ponto de transição” como situações específicas que causam mudanças no desenvolvimento das ações docentes, tais como mudanças de visão (que podem ser de ordem teórica ou pedagógica), de perspectiva (por exemplo, de ensino), de comportamento (por exemplo postura docente) etc. Schneider (2015) afirma que algo semelhante já havia sido discutido pelos pesquisadores na 1ª Cúpula PCK, situação na qual eles se voltaram para a noção de “alta alavancagem” ou “situações generativas” como uma maneira produtiva de se começar a pensar nos casos para aprendizagem de professores.

Relembramos que, naquele contexto de ensino, Lizi já era uma professora de Química com experiências docentes em escolas regulares de Educação Básica. Contudo, essas situações declaradas foram suas primeiras experiências promovendo a ECFM para estudantes de tal nível. Feldkercher (2014) considera que é principalmente a partir do novo que um professor sente suas necessidades formativas, referentes também à sua formação pedagógica. Para essa autora, tal situação é marcada por tensões e aprendizagens intensivas e, algumas vezes, caracterizada pela transição de estudante a professor.

Identificamos também um fator contextual sociológico, relacionado à organização escolar, que teve influência na constituição da *identidade docente* de Lizi e que se constituiu nesse contexto de promoção da ECFM: a atribuição de “rótulos” à professora naquele colégio por outros professores que compunham o corpo docente da Instituição. Lizi explicou que isto ocorreu principalmente porque os professores ouviam dos estudantes que ela utilizava abordagens diferenciadas de ensino (por exemplo, sondava seus conhecimentos prévios, fazia muitas perguntas a eles, e não lhes dava respostas prontas), não comuns naquele ambiente:

“[...] eu era conhecida no colégio como a moça dos porquês, eles me apelidaram assim e me falaram ‘nem te chamo pelo nome a gente fala que você é a moça dos porquês’ e era por isso. Eu achei ótimo! Para mim, eles falarem isso era um reconhecimento de que eu estava fazendo aquilo que eu pretendia. Então, foi muito bom.”

Assim, Lizi compreendeu o título que recebeu de ser uma professora questionadora como um elogio e, por isto, assumiu esta *identidade docente* com satisfação.

Esse cenário vai ao encontro do que Hong (2010) define como uma relação (que entendemos como de influência) de fatores pessoais (como valores, utilidade, comprometimento, emoção e confiança) em relação ao poder e controle⁵² na organização política de cenários escolares e CPD, com destaque para os pPCK e crenças, motivações e identidade docente. Segundo Hong, tais relacionamentos experimentados por professores podem resultar, por exemplo, em: (i) interesses ou satisfação em atividades e contextos específicos, visto que geralmente eles almejam ser bem-sucedidos em determinadas tarefas; (ii) uma busca pelo alcance de *status* de bom professor; (iii) compromisso com a aprendizagem de estudantes; (iv) emoções positivas (tais como orgulho, satisfação, alegria) que experimentam por meio de interações saudáveis com estudantes, outros professores ou administradores do

⁵² Isto nos remete à propriedade da Ação Mediada que considera o *poder e autoridade* (de sujeitos e ferramentas culturais) capaz de causar transformações no ambiente (WERTSCH, 1998).

ambiente escolar; (v) aquisição e mobilização de CPD; e (vi) relações políticas de confiança em seu trabalho, em função de seu poder e controle no contexto macro organizacional da escola, interação ativa com outros professores etc.

Henze e Barendsen (2019) observaram que alguns desses relacionamentos destacados por Hong (2010) podem auxiliar a identificar fatores pessoais inter-relacionados que influenciam (positiva ou negativamente) no desenvolvimento e composição de CPD e crenças pessoais de professores iniciantes. Isto parece ter ocorrido com Lizi naquelas primeiras experiências com a prática de ensino para a ECFM.

Ao comparar as duas aplicações da sequência de ensino no colégio, Lizi afirmou que os conhecimentos mobilizados com a aplicação-piloto foram “muito importantes para eu avaliar as atividades que eu tinha desenvolvido, para eu avaliar a minha atuação, como eu ia conduzir”. Alguns dos principais objetivos dessa aplicação eram “validar” as atividades de ensino, avaliar sua conduta enquanto responsável pela condução de processos para a ECFM e como essas atividades poderiam ser utilizadas. Por sua vez,

“[...] na segunda turma que eu apliquei, que foi a turma que eu analisei na minha pesquisa, aí foi até mais tranquilo. Eu já tinha pensado em várias situações... Claro que teve novidade, mas eu até consegui me sair melhor, eu acho, com as surpresas [que surgiram].”

Essa comparação, em especial, evidencia como os *pPCK* e *Conhecimentos pedagógicos*, adquiridos por Lizi, até a aplicação-piloto da sequência de ensino para a ECFM, foram ampliados e facilitaram sua performance na segunda aplicação da mesma sequência na outra turma. Essa observação trouxe à tona algo que resumiremos aqui, mas discutiremos melhor quando apresentada a análise das ações de ensino de Lizi na Residência Pedagógica (RP). Por ora, destacamos afirmações de Alonzo, Berry e Nilsson (2019) de que os *pPCK* de um professor de Ciências fornecem a base para a promoção do ensino em sucessivas etapas de ciclos planejar-ensinar-refletir. Além disso, essas autoras reforçam a influência mútua entre diferentes CPD para o ensino de Ciências e que os *ePCK* são gerados no momento das ações, mas não do nada, visto que

todos os conhecimentos de um professor de Ciências, de experiências anteriores de ensino e aprendizagem, incluindo situações em sala de aula semelhantes à atual, podem ser usados como recursos” (ALONZO; BERRY; NILSSON, 2019, p. 275).

Além de ter mobilizado *CPD* que já integravam o escopo de seus conhecimentos e de ter adquirido e mobilizado novos *CPD*, destacamos que nesses dois contextos ocorreram as

primeiras influências de contextos de aprendizagem (de estudantes) na organização e mobilização desses conhecimentos por Lizi. Por isto, eles também podem ser caracterizados como contextos de aprendizagem da professora. Entendemos que os aspectos pedagógicos da prática que envolveram essas aplicações, além dos resultados dos estudantes que participavam, sustentaram a importância de aspectos práticos de ensino para a ECFM em sua trajetória docente.

Nessa perspectiva, entendemos que há dois grandes contextos de aprendizagem durante a manifestação de CPD de professores: o contexto de aprendizagem dos estudantes, no qual professores mobilizam e adquirem conhecimentos de caráter mais prático e influenciados fortemente pelos estudantes e pelo que acontece em sala de aula com a participação deles; e o contexto de aprendizagem do professor, no qual ele pode manifestar CPD de qualquer ordem (teórica ou prática), ou de qualquer tipo (por exemplo, das Bases Gerais ou de PCK). Este segundo contexto de aprendizagem não é um dos elementos explícitos do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Um aspecto para o qual Lizi chamou atenção e que se relaciona intrinsecamente a *CK*, *Conhecimentos pedagógicos* e *pPCK* envolve como ela passou a atribuir importância aos recursos educacionais utilizados para a ECFM durante suas experiências no Mestrado:

“No Mestrado, eu tomei muita consciência da importância dos recursos [na ECFM]. [...] No Mestrado, eu achei formidável eu pensar em vários materiais e chegar na última hora e eu pensar e perguntar se alguma coisa poderia ajudar e ter estudante que falou, ‘mas se eu tivesse ímã eu acho que funcionaria melhor’ aí eu na próxima aula eu levei ímã. Foi aí que eu tive a percepção de como eles [os recursos] são importantes para estimular a criatividade na hora de expressar modelos principalmente.”

Essa tomada de consciência por Lizi indica a aquisição de *CK* sobre o uso de recursos educacionais apropriados para determinadas atividades na ECFM. Como já apresentamos na discussão de nossos referenciais teóricos, algo muitas vezes negligenciado na Educação é a importância da mediação oportunizada por meios mediacionais, entendidos no ensino como recursos educacionais (OLIVEIRA, SÁ; MORTIMER, 2019; OLIVEIRA; MORTIMER, 2020). Dentre eles, destacam-se sequências de ensino, planos de aula, recursos materiais, objetos e a própria linguagem (WERTSCH, 1998).

Na visão de Lizi, tais recursos influenciaram sua prática, algo bem claro em seu relato sobre uma adaptação que fez em uma atividade (que parece ter ocorrido em uma etapa de *teste* de um modelo por um estudante), a partir da adição de um material que seria importante para o

processo. Lizi afirmou que reconhecer a importância desses recursos é importante na prática “para estimular a criatividade na hora de *expressar* modelos principalmente”.

Além da mobilização de *CK*, *Conhecimentos pedagógicos*, se expressaram a partir da estratégia de disponibilizar alguns recursos específicos para os estudantes usarem; *Conhecimentos dos estudantes*, quando apontou como um estudante se envolveu na prática e o que influenciou nos modos de ele agir; *pPCK*, pelas suas considerações sobre como aprendeu com as experiências; e *ePCK*.

Diferentemente de outras declarações sobre tomadas de decisões e estratégias de ensino mais gerais, Lizi descreveu uma situação específica relacionada às suas ações docentes para apoiar um estudante na realização de um tipo de *teste* de seu modelo e posterior *expressão* do mesmo. Assim, ela declarou a mobilização de *ePCK_T*, agir (*ePCK_T*), perguntando se algo poderia auxiliar no processo, *ePCK_R*, ao refletir sobre demandas específicas do estudante, *ePCK_R* ao indicar como conduzia o processo; *ePCK_P*, ao planejar levar o recurso que poderia auxiliá-lo no processo; *ePCK_T*, ao levar no próximo encontro o recurso e disponibilizá-lo aos estudantes; e *ePCK_R*, ao refletir sobre como essas ações resultaram na melhoria do processo.

Essas constatações foram importantes por evidenciar a primeira situação na qual *ePCK* se manifestaram a partir de *CPD* declarados nesta pesquisa. Além disso, também foi a primeira situação na qual um ciclo completo de raciocínio pedagógico planejar-ensinar-refletir (CARLSON; DAEHLER, 2019; ALONZO; BERRY; NILSON, 2019) foi identificado e expandido a partir de: agir, agir, refletir, refletir, planejar, agir e refletir.

Essas ações foram influenciadas pelo comentário de um estudante de que um material específico (ímã), poderia auxiliá-lo na verificação de algum fenômeno (provavelmente envolvendo a existência de propriedades ferromagnéticas de algum metal). Isto evidenciou as contribuições dos estudantes na manifestação de *CPD* (CARLSON; DAEHLER, 2019) e a sensibilidade de Lizi para perceber a importância daquele comentário.

A partir das diferentes naturezas dos *CPD* destacados nesse contexto, ressalta a nossos olhos uma dinâmica de influências mútuas de diferentes *CPD* nos modos como Lizi tomava decisões, criava estratégias e agia em contextos de ECFM. Sendo mais específicos, neste caso, foi possível observar que, em um contexto educacional, envolvida com a aprendizagem de um estudante, Lizi realizou um movimento de mobilização de *CPD* “das bordas para o centro” do RCM (CARLSON, DAEHLER, 2016), por exemplo, mobilizando *CPD* das Bases Gerais, integrando-os aos seus *pPCK* e agindo com esse repertório (mobilizando *ePCK*). Isto aponta em direção às explicações dadas por Alonzo, Berry e Nilsson (2019) de que um professor pode

reconhecer uma dificuldade de aprendizado de um ou mais estudantes, em uma situação específica de ensino e depois se basear explicitamente nessa experiência para informar práticas de ensino futuras. Essas autoras salientam que isso pode resultar em uma transformação dos *pPCK* em *ePCK*, mesmo que ocorra sem a consciência plena de professores.

Por outro lado, o RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) nos ajuda a compreender o “caminho inverso”, ou seja, um movimento “do centro para as bordas” do modelo. Neste sentido, as situações de ensino ocorridas e a mobilização de *ePCK* por Lizi influenciaram seus *pPCK*. Isso se reflete na aquisição de: (i) *Conhecimentos dos estudantes*, visto o reconhecimento de uma demanda específica de um estudante daquela prática; (ii) *Conhecimentos pedagógicos*, porque ela reconheceu a importância de determinados recursos na modelagem naquela situação e; (iii) *CK*, pois ela reconheceu, por exemplo, aspectos da criatividade, inerentes aos processos de modelagem, algo que a própria literatura sobre ECFM aponta (GILBERT; JUSTI, 2016). Por isso, todos estes cenários serviram como contexto didático crítico de aprendizagem de Lizi, algo confirmado por ela quando ressaltou que “foi aí que eu tive a percepção de como eles [os recursos] são importantes para estimular a criatividade na hora de expressar modelos principalmente”.

Outro ponto de destaque nesse contexto foi seu reconhecimento da importância de recursos educacionais na promoção da ECFM. Disponibilizar recursos educacionais a estudantes se destacou como *amplificador* na aquisição e mobilização de *CPD*. Isto se justifica a partir da sua conclusão de que eles são importantes para estimular a criatividade, principalmente na expressão de modelos. Lizi descreveu como sua visão sobre essa importância dos recursos educacionais foi mudando ao longo do tempo (com destaque para a importância de ter adquirido conhecimentos sobre representações):

“Eu acho que... depois do Mestrado, eu percebi [a importância dos materiais e recursos]. A partir dali eu não mudei muito não, até porque eu tive oportunidade de trabalhar com representações. Olha só como um Grupo de Pesquisa é importante! Foi da Dissertação de uma colega do meu Grupo de Pesquisa, ela trabalhou com representações. Eu tive oportunidade de trabalhar com ela e a gente até escreveu um artigo, junto com a Maria, é claro, [...] foi uma época em que ficou muito claro para mim, que eu consegui entender muito esse papel das representações na modelagem. Eu acho que aquele foi o grande *upgrade*. Outras coisas foram agregando conhecimento, mas não tanto quanto naquela época.”

Este trecho indica que o Mestrado foi um rico cenário para Lizi como contexto de aquisição de *CK*, *cPCK* e *pPCK*, adquiridos no contexto específico de pesquisa, em termos de reconhecimento da importância e uso de recursos educacionais na ECFM. Ela também destacou

a importância de participar de um GP, contexto no qual teve oportunidades de estudar aspectos da ECFM relacionados às representações, especialmente a partir da Dissertação de uma colega e de escrita colaborativa de artigos (*cPCK*).

Assim, Lizi deixou claro influências de alguns *filtros* e *amplificadores* nesse cenário. Por um lado, a informação de que teve dificuldades em conduzir as atividades para a ECFM de estudantes pela primeira vez foi classificada como um *filtro* para aquele contexto. Por outro lado, se destacaram como *amplificadores*: (i) ter estudado e compreendido o importante papel das representações na ECFM; (ii) reconhecer que teve habilidades em conduzir as atividades para a ECFM a partir de seus conhecimentos teóricos; (iii) estar convicta de como fazer isto; e (iv) adquirir experiências com a aplicação-piloto das atividades que auxiliaram na segunda aplicação em outra turma.

Crenças de Lizi relacionadas à ECFM também foram identificadas, quando ela reconheceu ter conduzido bem a sequência de ensino para a ECFM na primeira vez; e ter aplicado a sequência pela segunda vez de modo ainda melhor do que da primeira vez.

Algo que também ficou evidente foi o caráter bidirecional de troca entre os *CPD* no contexto de aprendizagem da professora, a partir das características da aquisição de conhecimentos de conteúdo (*CK*) e pedagógicos (*Conhecimentos pedagógicos*) relacionados à ECFM e sobre os temas; assim como da aquisição e construção de conhecimentos em colaboração para ensinar modelos e modelagem (*cPCK*); e da aquisição e construção de conhecimentos individualmente para ensinar modelos e modelagem (*pPCK*).

Mesmo salientando que antes do Mestrado ela não havia conduzido atividades para a ECFM, Lizi reconheceu que esses conhecimentos adquiridos, mobilizados e construídos serviram como “subsídio” para ela conduzir futuras atividades para a ECFM.

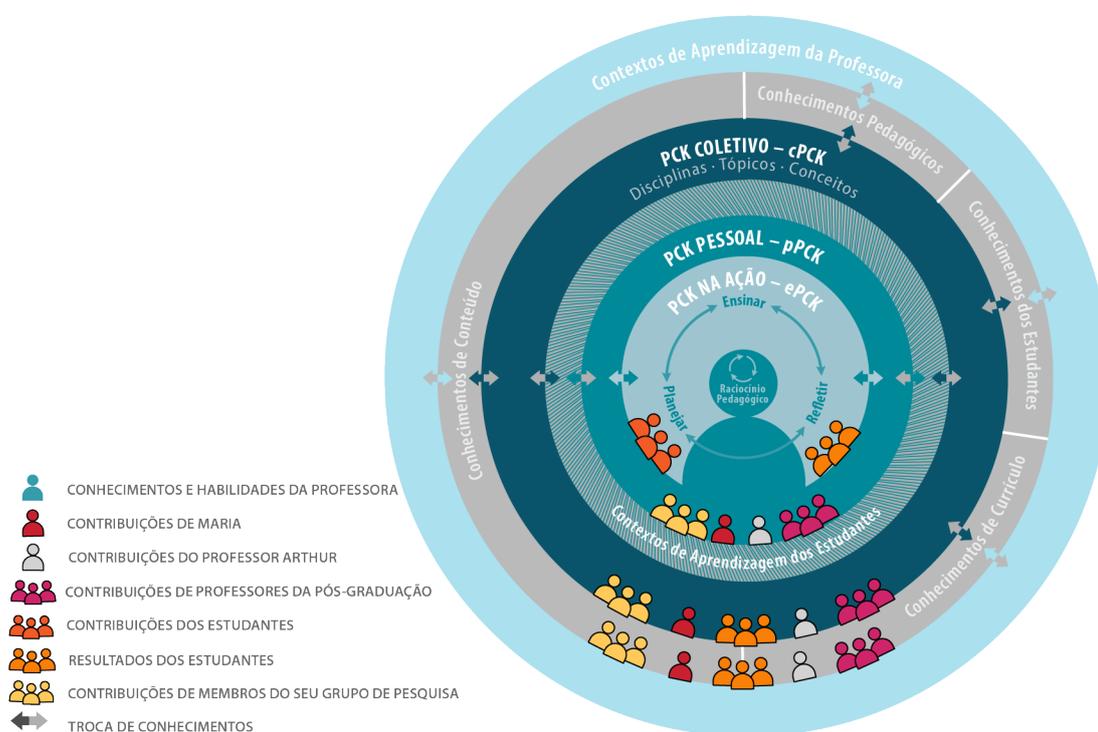
Em suas declarações sobre a experiência docente ocorrida no Mestrado, identificamos que principalmente a mobilização de *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos pedagógicos* ampliaram seus *pPCK* por terem sido experiências adquiridas no contexto de ECFM e que poderiam servir de base para outras aplicações de atividades em contextos semelhantes. Isto endossa considerações já apresentadas na literatura em Educação em Ciências de que os *CPD* são dinâmicos e flexíveis (ALONZO; KIM, 2016; CARLSON; DAEHLER, 2019; CARLSON; ELLIOTT, 2019; SCHNEIDER, 2019; SHULMAN, 2015), cumulativos (CARLSON; DAEHLER, 2019; CARLSON *et al.*, 2019) e complexos (ALONZO; BERRY; NILSSON, 2019; HENZE; VAN DRIEL, 2015; PARK; SUH, 2019; SCHNEIDER, 2019).

Lizi ainda considerou que foi no contexto do Mestrado que ela conseguiu:

“captar melhor a ideia de modelagem, entender o que era [...], visto que antes tinha entendido a ideia da proposta de ensinar, mas [...] não foi tão significativo [...] quanto foi no Mestrado”.

Na figura 5.6, destacamos os *CPD* mobilizados por Lizi no contexto do Mestrado, considerando que a primeira aplicação de atividades de modelagem na Educação Básica ocorreu neste contexto. Por isso, pela primeira vez, há destaque para a consideração do contexto de aprendizagem (dos estudantes)⁵³.

Figura 5.6 Caracterização de *CPD* mobilizados pela professora no contexto didático crítico de participação no Mestrado

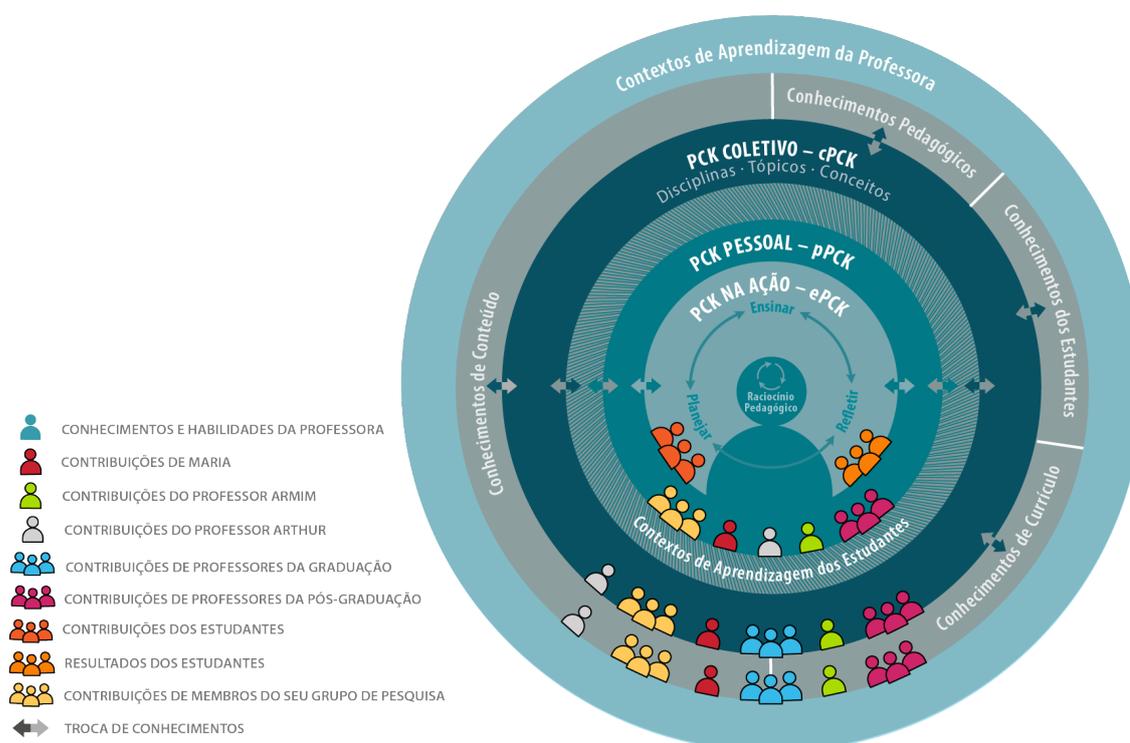


Fonte: O autor.

A figura 5.7 representa os *CPD* adquiridos e mobilizados por Lizi, desde o primeiro contexto didático crítico que descrevemos até a finalização do Mestrado.

⁵³ A figura 5.6 se mostra a mais complexa quando comparada às outras figuras que caracterizam a manifestação de *CPD* nos contextos didáticos críticos. Isto é reflexo do nível e da quantidade de informações disponibilizadas por Lizi sobre este contexto de sua trajetória.

Figura 5.7 Caracterização de CPD manifestados pela professora desde o contexto didático crítico de Educação Escolar até o contexto didático crítico de participação no Mestrado



Fonte: O autor.

5.1.2.2.3 CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora Caracterizados no Contexto Didático Crítico de Doutorado em Educação em Ciências

Finalizado o Mestrado, Lizi participou do processo seletivo para ingressar no Doutorado em Educação na mesma UF em que cursou o Mestrado e foi aprovada. Ela continuou investigando contextos de ECFM, mas com focos diferentes dos de sua pesquisa de Mestrado.

“Chegou no Doutorado⁵⁴, aí meu foco já não era mais o conteúdo [científico curricular]. O foco já era nas habilidades [de estudantes] associadas à investigação. Eu chamei de Habilidades Investigativas, que são habilidades relacionadas às práticas científicas no processo de modelagem. Aí foram leituras bem mais amplas, não só sobre modelagem, mas sobre potencial de modelagem para esse tipo de aprendizagem e, também, sobre habilidades, em geral. E aí eu fui fazendo as conexões e percebi que essa parte de habilidades, em geral, nem sempre estava relacionada com a modelagem propriamente.”

⁵⁴ Lizi também foi orientada por Maria no Doutorado.

Em seguida, Lizi destacou que realizou estudos aprofundados sobre outros aspectos da ECFM: “Então, estudei muito sobre Avaliação, foi isso. Avaliação porque eu tinha que avaliar como essas habilidades [dos estudantes] apareciam [no contexto de modelagem]”.

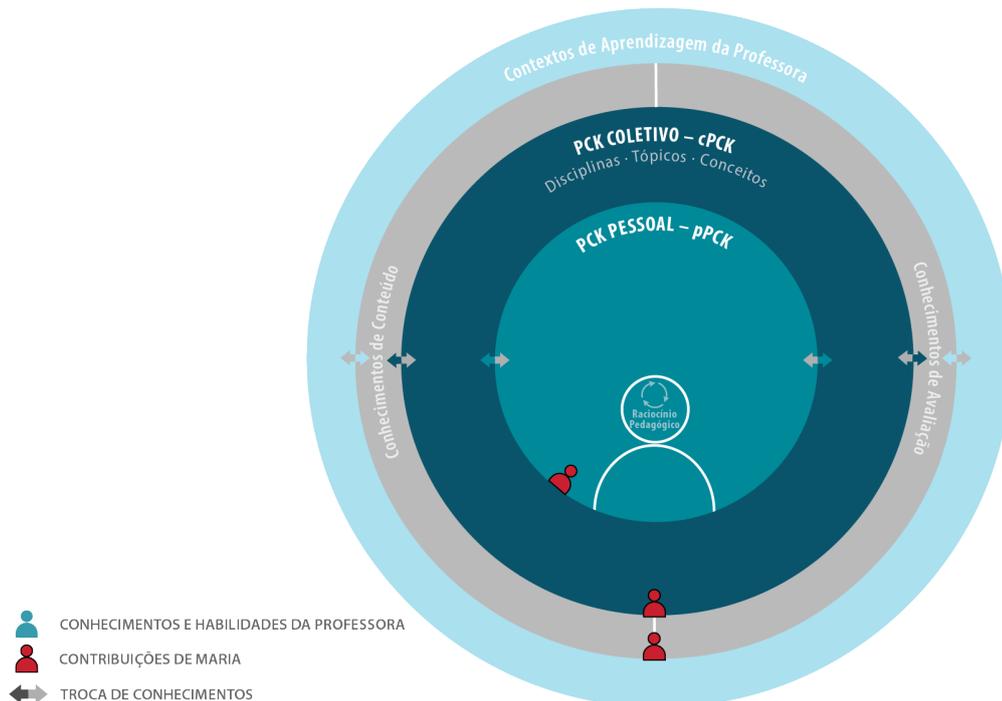
Destacaram-se, nessas declarações de Lizi a aquisição de *CK* (a partir de estudos teóricos mais amplos, com foco no desenvolvimento de habilidades em contextos de ECFM) e *Conhecimentos de avaliação* (para avaliar habilidades de estudantes na ECFM). Novamente, entendemos que esses estudos influenciaram na aquisição e ampliação de seus *pPCK*, uma vez que influenciaram seus modos de pensar a ECFM e ensinar nessa perspectiva.

Mesmo se colocando no centro dos processos (por exemplo, afirmando que sua pesquisa tinha um foco específico, que ela realizou leituras amplas, que ela fazia conexões etc.) e não fazendo menção a sujeitos com os quais adquiriu *CPD* de modo colaborativo e mútuo, em outros contextos Lizi reconheceu o frequente compartilhamento de conhecimentos relacionados à ECFM com Maria (vistos os graus de relacionamentos entre elas). Por isso, entendemos que *cPCK* de Lizi se manifestaram no Doutorado porque ela foi orientada por Maria e participava ativamente do GP. Este foi o único caso no qual a manifestação de *CPD* se deu a partir do contexto e não de declarações explícitas de Lizi. Apesar disto, acreditamos que isto não invalida nossa interpretação vistas as evidências que o contexto (relação orientada/orientadora da pesquisa em ECFM e GP focado no mesmo tema) apresenta.

Constatamos que o Doutorado foi um contexto no qual Lizi apresentou a primeira situação explícita de manifestação de *Conhecimentos de avaliação* que ainda não havia sido caracterizada nos percursos escolares e acadêmicos⁵⁵ da professora. A representação dos *CPD* manifestados por Lizi no Doutorado é apresentada na figura 5.8.

⁵⁵ Apesar de Lizi ter lecionado para estudantes do colégio da universidade, isto se deu no contexto de sua pesquisa de Mestrado. Por isto, não o consideramos como um contexto profissional.

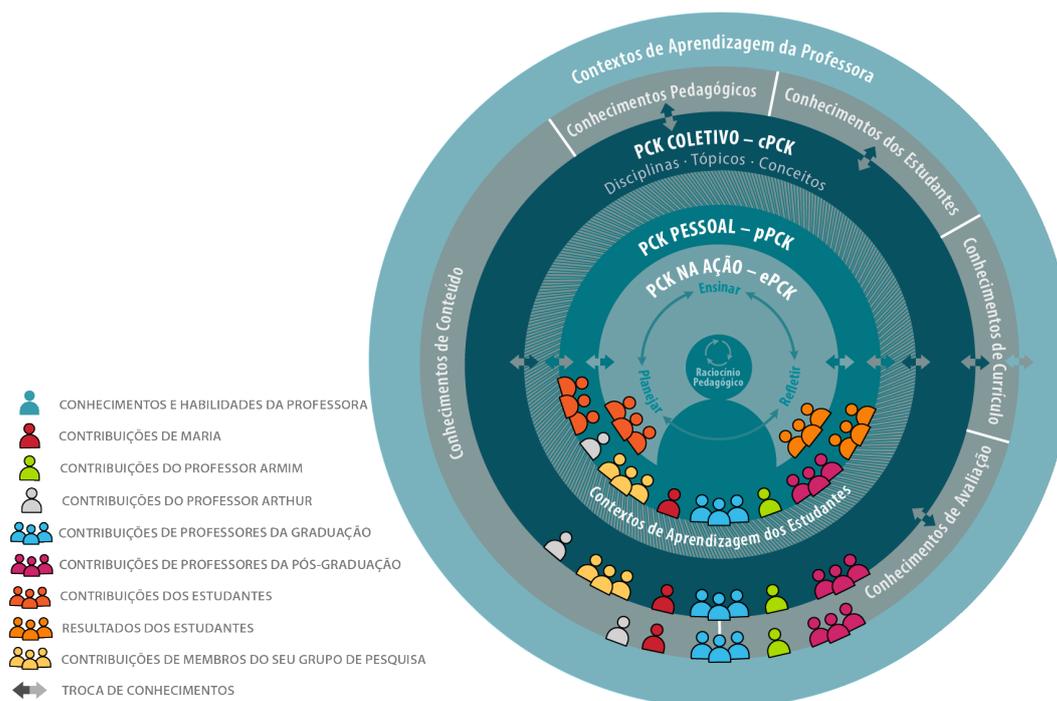
Figura 5.8 Caracterização de *CPD* mobilizados pela professora no contexto de Doutorado



Fonte: O autor.

Na figura 5.9, destacam-se os *CPD* manifestados por Lizi desde a Educação Escolar até esse contexto de Doutorado.

Figura 5.9 Caracterização de *CPD* manifestados pela professora desde a Educação Escolar até o Doutorado



Fonte: O autor.

5.1.3 *Reflexões da Professora sobre Aspectos da ECFM em um Contexto Didático Crítico Específico de Pesquisa: o Pós-Doutorado*

Concomitante às reflexões sobre suas experiências no Doutorado, Lizi salientou outras que ocorreram no contexto de Pós-Doutorado, um *contexto didático crítico* de pesquisa, no qual ela desenvolveu um projeto juntamente com Maria. Lizi salientou que no seu Pós-Doutorado adquiriu melhor compreensão sobre como a ECFM se relaciona à NdC:

“[...] a própria Natureza da Ciência que veio depois, no Pós-Doutorado. E quando eu trabalhei com coleta de dados no Pós-Doutorado eu me dei por convencida mesmo de como é impossível falar sobre modelagem sem envolver Natureza da Ciência. Eu acho que tá assim... junto! Não preciso nem me preocupar de preparar um ensino específico de Natureza da Ciência porque isso é espontâneo dentro do aprendizado sobre modelagem.”

É interessante destacar a natureza do conhecimento adquirido por Lizi no contexto de Pós-Doutorado que se refere, não propriamente à ECFM, mas a outros temas importantes no ensino de Ciências relacionados à ECFM. Este é o caso dos relacionamentos entre a abordagem de aspectos de NdC e à perspectiva de ensino pautada na ECFM. Ao estudar e pesquisar essas relações, Lizi explicitou a aquisição de *CK* e *pPCK*.

Lizi endossou um consenso entre alguns pesquisadores da área de Educação em Ciências, de que experiências com a ECFM estão intrinsecamente associadas à área de estudos sobre NdC, principalmente pela possibilidade de interrelação entre ambas na produção de conhecimentos científicos (ALLCHIN, 2011; GILBERT; JUSTI, 2016; GOUVEA; PASSMORE, 2017; JUSTI; ALMEIDA; SANTOS, 2022; NELSON; DAVIS, 2012; SCHWARZ *et al.*, 2009). Lizi, interessada nessa integração entre ECFM e NdC, buscou investigar contextos em que isso acontecia e, assim, teve oportunidade de ter acesso a esses conhecimentos.

Enquanto comentava sobre o Pós-doutorado, ela resumiu suas experiências no *contexto* de Pós-Graduação:

“Nossa! Eu acho que minhas experiências como pós-graduanda contribuíram demais [para a minha aprendizagem]. Eu acho que hoje, se eu gosto, se eu defendo, se eu ensino a modelagem e sobre modelagem, eu devo isto à pesquisa, principalmente. Porque eu realmente sou uma pessoa convencida de que [ECFM] é uma abordagem de ensino diferenciada, que estimula o raciocínio do estudante, a criatividade, o desenvolvimento, não só de conhecimento de conteúdo químico, mas o conhecimento químico de uma forma que faz sentido para o estudante. Hoje eu vejo que dentro das habilidades investigativas [na ECFM] ainda têm muitas outras. O próprio

Grupo de Pesquisa trabalha com habilidades argumentativas e eu tenho estado cada vez mais convencida de como a modelagem tem potencial para isso.”

Lizi reconheceu a importância de suas vivências como pós-graduanda na sua formação acadêmico/profissional que, mais uma vez indicaram a manifestação de *CK*, *cPCK* e *pPCK*. Seus *CK* se traduziram de modo mais significativo a partir da definição dada para a ECFM. Esses *CK* indicaram uma visão sobre a ECFM mais abrangente do que as apresentadas anteriormente. Por exemplo, Lizi fez menção à aquisição de conhecimentos em colaboração com membros de seu GP (*cPCK*) relacionados à argumentação, habilidades investigativas e a própria NdC na ECFM (*pPCK*). Observamos que esses *CK* emergiram a partir da expressão de suas *motivações, crenças e orientações* de ensino relacionadas à ECFM. Por exemplo: ser pós-graduanda contribuiu para ampliar seus *CPD*; atribuir à pesquisa o fato de gostar, defender e ensinar na ECFM; e estar convencida das potencialidades da ECFM apontadas. Neste sentido, tais considerações são entendidas como *amplificadores* por integrar à ECFM possibilidades de se utilizar outras abordagens e temas de ensino fundamentadas em práticas reconhecidamente inovadoras e importantes na Educação em Ciências (DAVIS, 2003; UDU, 2018).

Entendemos também que algumas expressões usadas por Lizi sobre seus conhecimentos no Pós-Doutorado, quando integradas, explicitaram uma definição bastante interessante sobre a ECFM (o que reflete principalmente seus *CK*, *cPCK* e *pPCK*) que resumimos como: ECFM é uma abordagem de ensino que integra conhecimentos sobre NdC, desenvolvimento de habilidades investigativas, dentre outras e estimula o raciocínio do estudante, a criatividade, o desenvolvimento, não só de conhecimento de conteúdo químico, mas o conhecimento químico de uma forma que faz sentido para os estudantes. Essa consideração se aproxima do que afirmam Gilbert e Justi (2016) sobre a modelagem, referencial que também estrutura as práticas de ensino de Lizi.

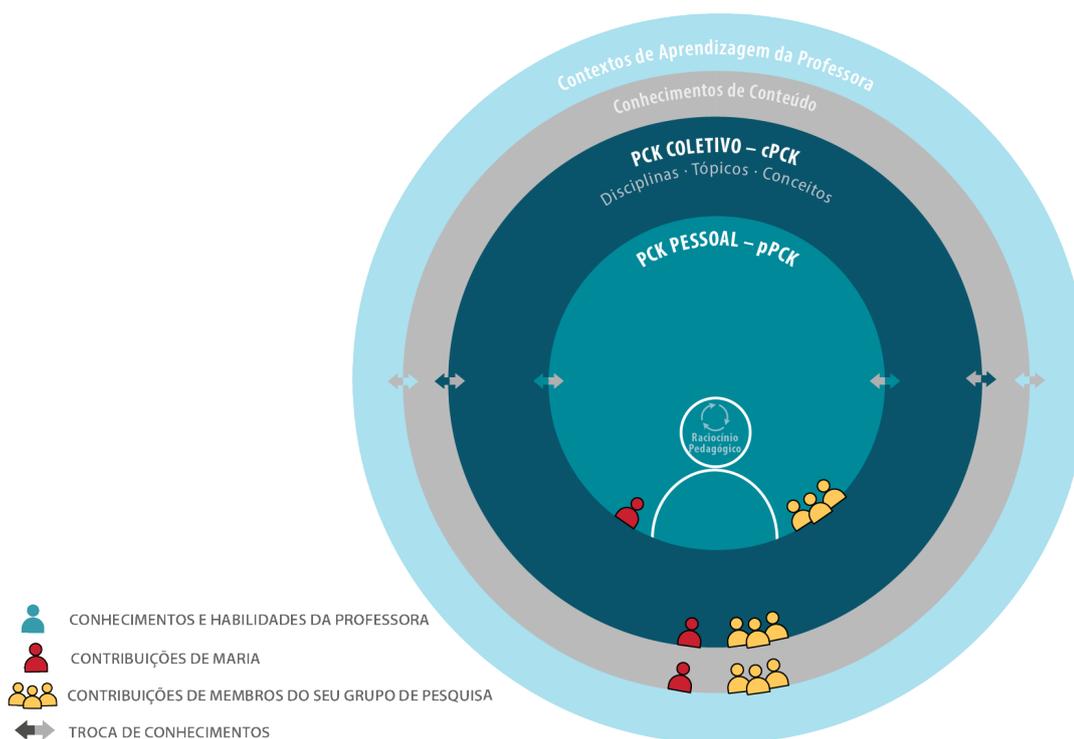
Além disso, para finalizar este tópico, destacamos que parte da *identidade docente* de Lizi foi caracterizada a partir de dois aspectos específicos. Primeiro, Lizi assumiu e atribuiu parte de sua *identidade docente* ao fato de ser uma professora-pesquisadora em ECFM. Segundo, ela afirmou ser uma professora que gosta, acredita e defende a ECFM como importante perspectiva para o ensino de Ciências.

Por ter essa formação em pesquisa apoiada tanto em uma perspectiva pedagógica (como relatado nas experiências no Mestrado e Doutorado) quanto em uma perspectiva epistemológica (adquirida nestes contextos de Pós-Graduação e no Pós-Doutorado), Lizi busca se atualizar recorrentemente sobre a ECFM. Isto vai ao encontro do que Silva (1990) afirma sobre ocasionar

um movimento constante de rompimento com propostas educacionais prontas e acabadas, assumindo a construção de conhecimentos no ensino e favorecendo-a a partir da atualização e de forma participativa.

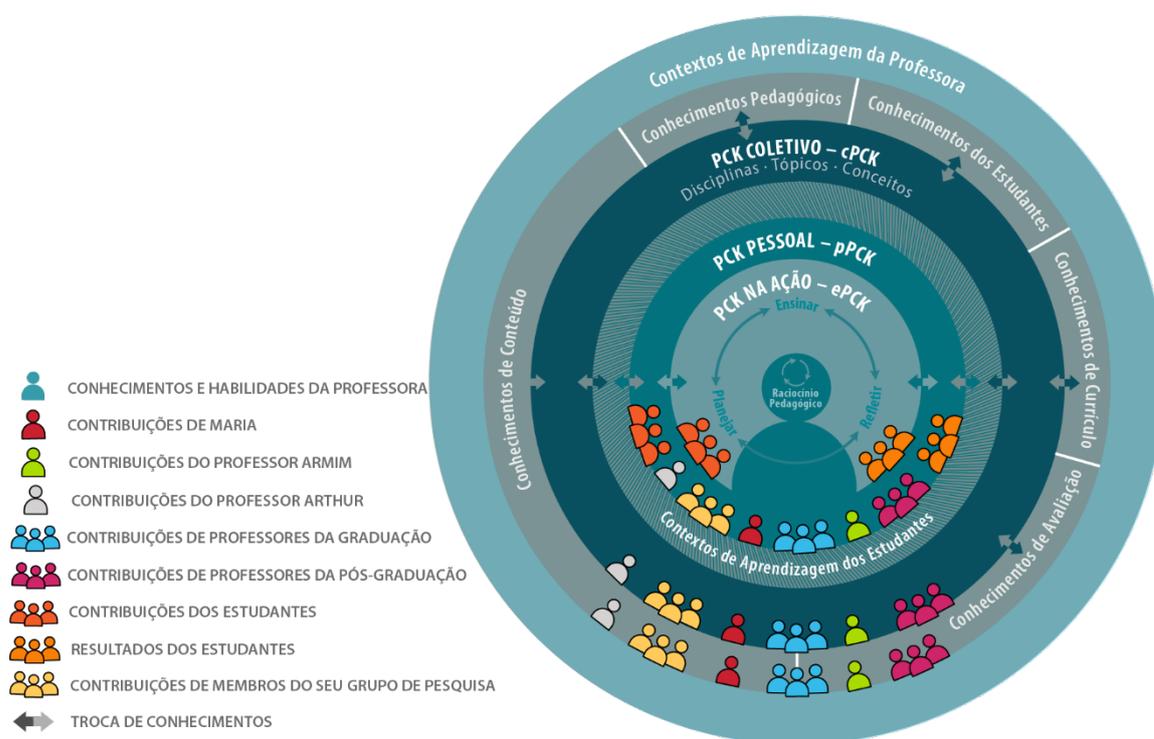
A figura 5.10 representa a manifestação de *CPD* declarados por Lizi no contexto didático crítico de Pós-Doutorado, enquanto a figura 5.11 representa os *CPD* manifestados por ela em toda sua formação escolar, acadêmica e profissional até o Pós-Doutorado.

Figura 5.10 Caracterização de *CPD* mobilizados pela professora no Pós-Doutorado



Fonte: O autor.

Figura 5.11 Caracterização de CPD manifestados pela professora desde a Educação Escolar até o Pós-Doutorado



Fonte: O autor.

5.1.4 Caracterização dos CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora no Contexto Didático Crítico de Promoção da ECFM em termos de Planejamento e Ato de Ensinar

Neste tópico, apresentamos a análise de dados adquiridos a partir de informações fornecidas por Lizi no contexto didático crítico⁵⁶ de promoção da ECFM⁵⁷ em diversos contextos de planejamento e de estratégias/ações de ensino mobilizadas em sala de aula.

⁵⁶ Lizi fez declarações sobre contextos diversos de promoção da ECFM na Educação Superior. Contudo, consideramos todos eles como um contexto didático crítico por serem semelhantes.

⁵⁷ Lembramos ao leitor que as primeiras experiências de Lizi na promoção da ECFM na Educação Básica ocorreram no contexto de Mestrado. Por isso, essa situação não recebeu atenção em um tópico especial, mas integrada ao contexto de Mestrado, diferentemente das experiências docentes para a ECFM no nível superior.

5.1.4.1 Caracterização dos CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora no Contexto Didático Crítico de Planejamento para a Promoção da ECFM

Lizi fez declarações mais específicas sobre aspectos gerais de seus planejamentos de roteiros, sequências, atividades e ações para a promoção da ECFM. Ela explicitou o grau de seu envolvimento em tais planejamentos, mas não destacou em quais contextos (de Educação Básica ou Superior) aquelas situações de planejamento de atividades para a ECFM se situavam. Por isso, organizamos as referências a esses aspectos a partir do grau de detalhamento das narrativas que ela produziu. Por exemplo:

“Todas as atividades de modelagem que eu trabalhei partiram de trabalhos de pesquisa do Grupo de Pesquisa. Então, eu confesso que eu já tinha um pré-roteiro, um *script* e eu trabalhava muito em cima disso. A ponto de abrir a Dissertação da pessoa ou a minha, pegar os elementos, pegar as atividades, adaptar as atividades pensando o que eu ia fazer diferente... ou incluir algum texto. Então, eu sempre recorri a esses materiais para que eles me servissem de base mesmo e não teve uma atividade que eu tenha aplicado, que eu tenha criado do nada. O planejamento da sequência de ensino de Equilíbrio Químico, que eu já apliquei algumas vezes, foi o que eu coordenei e que teve colaboração da minha orientadora [Maria]. As outras todas eu posso ter dado alguma colaboração no percurso, mas eram de autoria de outros colegas.”

É comum professores de Ciências criarem bancos de dados pessoais com atividades, sequências e roteiros de ensino que costumam usar ou que acham interessantes para promover a educação científica de estudantes. Fazendo uso de *Conhecimento pedagógicos*, Lizi preparava suas aulas para a ECFM acessando seu próprio banco de dados. Ela também explicitou como algumas atividades ou sequências de ensino para a promoção da ECFM eram produzidas a partir de trabalho colaborativo (com Maria e com outros membros do seu GP) evidenciando *cPCK*. Essas experiências também indicaram a aquisição de *pPCK*.

Lizi também refletiu e avaliou processos de planejamento de atividades para a ECFM:

“Então, o planejamento de atividade de modelagem eu ainda acho uma parte muito difícil. Até que a de Equilíbrio [Químico] eu achei que foi mais direta, mas ainda assim, até hoje eu vejo falhas nela, vejo como algumas coisas poderiam ser melhor trabalhadas [...]. Agora, criar as atividades ou sequências de ensino de modelagem exige muito tempo. Eu nunca parei enquanto professora para fazer uma [sozinha] não... Às vezes, ainda vou parar e te falo, mas enquanto tem material do Grupo eu confesso que, assim, é tão mais tranquilo, mais fácil! Já está lá, validado, a gente já sabe como funciona, já sabe o que vai esperar.”

Como exemplo, ela explicou aspectos do planejamento de uma sequência de ensino aplicada a estudantes do Ensino Médio:

“Por exemplo, a [sequência de atividades de modelagem] sobre polímeros, que eu apliquei [no Ensino Médio]... Na aplicação, a gente viu problemas e, inclusive, erros conceituais químicos [abordados por nós] durante a aplicação. Às vezes, a gente pensa que a coisa vem de um jeito e, na hora que o estudante responde, você se depara com uma resposta que não está errada, mas também não é onde você esperava que ele iria chegar. E teve momentos de eu parar e falar que a gente ia discutir na próxima aula. Mas por quê? Porque eu não tinha como conduzir um pensamento, um raciocínio [naqueles momentos]. Eu não tinha elementos pra conduzir o estudante a um pensamento sem entregar a resposta. Então, eu acho que planejamento de atividade de modelagem ainda é a parte mais difícil. Comparando até com a aplicação!”

Nesse contexto reflexivo, Lizi destacou como *Conhecimentos pedagógicos* (ao se referir a estratégias de planejamento e aplicação da sequência) influenciaram e foram influenciados por *cPCK* (ao informar ações reflexivas, junto a membros de seu GP, sobre a sequência e os resultados de sua aplicação), *pPCK* (ao expressar aspectos da sua aprendizagem naquele contexto) e *CPD* relacionados ao ciclo de raciocínio pedagógico planejar-ensinar-refletir (*ePCK_P*, *ePCK_T*, *ePCK_R*) (CARLSON; DAEHLER, 2019). Este ciclo ficou claro quando Lizi informou que, não identificando alguma estratégia de ensino que pudesse ser utilizada para conduzir pensamentos ou raciocínios imediatos de estudantes sem entregar respostas prontas, ela buscava refletir (*ePCK_R*) extraclasse sobre tais situações, buscando alternativas pedagógicas (*ePCK_P*) para discutir em aulas seguintes aspectos dos questionamentos específicos (*ePCK_T*) de modo a conduzir o raciocínio dos estudantes (sem dar respostas prontas).

Entendemos que nesse cenário, houve ampliação de *cPCK* e *pPCK*. Lizi destacou a contribuição de duas situações de planejamento (*ePCK_P*) para isso. A primeira foi o reconhecimento (feito por ela e outros membros de seu GP) de que ocorreram problemas na condução de uma sequência de ensino para promover a ECFM (resultado da manifestação de *ePCK_R*). Essa sequência incluía a discussão sobre aspectos científicos e sociocientíficos relacionados a polímeros e meio ambiente (*ePCK_T*). A segunda foi a possibilidade de validar essa sequência de ensino (planejada em seu GP), a partir da análise da aplicação da mesma (*ePCK_R* e *ePCK_P*) ocorrida em conjunto com os membros de seu Grupo (*cPCK* e *pPCK*) em reuniões específicas para isso. Nesse contexto, limitações do planejamento da sequência foram detectadas, o que permitiu algumas modificações nas atividades e a previsão de situações que poderiam ocorrer em uma aplicação futura (*ePCK_P*).

Algumas *crenças* de Lizi também foram identificadas a partir de tais declarações: de que é necessário vivenciar e/ou estudar a ECFM para avaliar os processos como bons ou ruins; e o reconhecimento de que o planejamento de atividades é o processo mais difícil no contexto

de ECFM (para ela, mais difícil até do que a aplicação delas). A primeira *crença* se relaciona ao *filtro* que se refere ao despendimento de muito tempo para planejar roteiros de atividades para a ECFM. A segunda *crença* se relaciona ao *filtro* concernente às suas dificuldades em planejar atividades para a ECFM. Outro *filtro* que observamos se expressou quando ela admitiu que interações com estudantes, principalmente quando apresentam situações inesperadas frente a seus questionamentos na ECFM, exigem dela uma melhor preparação extraclasse para discutilas em aulas posteriores, fugindo de seu planejamento inicial. Identificamos também *amplificadores* a partir da menção de que ter atividades para a ECFM elaboradas e validadas pelo GP auxilia na facilidade de acesso a tais atividades (que já estão prontas) o que influencia em seus usos em salas de aula. Justi e colaboradores (2011) salientam que a troca de experiências na concepção colaborativa de sequências de ensino permite enriquecê-las com a incorporação de diferentes pontos de vista, uma vez que é possível desenvolver conhecimentos de conteúdos e temas, além de conhecimentos sobre a ECFM.

Lizi comparou os modos como planejava aplicar atividades para a ECFM no início da carreira aos modos como as planeja atualmente:

“No começo, principalmente pensando em Educação Básica, eu tinha muito receio com o tempo. Hoje eu já penso que não é que tá gastando tanto tempo. Você tá investindo tempo porque o que se ganha é muito mais. Hoje, como eu tenho uma consciência maior do que está relacionado ao modelo geral de modelagem, eu acho mais claro na minha cabeça do que quando eu comecei.”

O ponto de destaque neste trecho é como a visão de Lizi sobre o tempo investido para promover a ECFM mudou com o passar dos anos. No início da carreira, Lizi entendia que esse tempo era um aspecto limitante pois tinha a sensação que estava gastando muito tempo na promoção da ECFM, ou seja, naquele contexto, isto representava um *filtro*. Atualmente, ela considera que o tempo que disponibiliza para a promoção da ECFM é um investimento (algo já destacado por ela em declarações anteriores). Tal mudança parece ter sido consequência do desenvolvimento de seus *CPD* teóricos e práticos relacionados à noção de tempo na perspectiva de *affordances* (GIBSON, 1986) e aos modos como conceber as ações mediadas nesse caminho de desenvolvimento (WERTSCH, 1998). Nesta nova perspectiva, o tempo necessário para a realização das atividades de modelagem e discussões delas decorrentes é visto como positivo devido aos ganhos na aprendizagem de estudantes. Por isso, o tempo é entendido como um *amplificador* na prática atual da professora.

Lizi também assumiu ser muito difícil produzir atividades e sequências de ensino para a promoção da ECFM, que este é um processo longo (o que aponta para tempo como um *filtro*).

Por isso, algo que influencia na otimização desse tempo é utilizar sequências prontas, produzidas pelo seu GP (o que aponta para o tempo que ganha com isso como um *amplificador*). Para Lizi, usar tais sequências limita as possibilidades de ela ser mais criativa (*filtro*), porém, não influencia em aspectos da inovação, lembrando que ela busca adaptar as sequências aos contextos de ensino. Inferimos, portanto, que há possibilidades de transformação de *filtros* em *amplificadores* e vice-versa. Assim, entendemos que eles não são imutáveis e dependem da perspectiva de visão de professores para situações e fatores específicos da prática docente.

Lizi também destacou aspectos de seus *CK* e *pPCK* quando elucidou a influência da compreensão das etapas do processo de modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016) para tomada de decisões mais conscientes sobre a ECFM. Por exemplo:

“Até que, a questão de *teste* e *avaliação* da abrangência... eu te confesso que não tem muito tempo que eu consegui perceber melhor a diferença entre os dois e, em alguns momentos, eu ainda tenho dúvidas em relação a isso. Eu acho difícil caracterizar *teste* do modelo e *avaliar* a abrangência dele. Eu ainda acho difícil em alguns momentos. Mas, hoje, eu tendo essa clareza, eu acho que consigo incluir mais coisas, eu acho que eu consigo fazer uma prática muito mais rica intencionalmente. Pode até ser que eu esteja fazendo perguntas muito semelhantes ao que eu fazia antes, mas hoje é intencional. Hoje eu consigo incluir perguntas sobre modelos e sobre modelagem. Propor *testes*! Isso é [adquirido com a] experiência, né? A questão de ir trabalhando com os estudantes e já pensar, por exemplo, o caminho que eles vão pensar e, logo na sequência, já conseguir fazer perguntas que vão *testar* o que eles colocaram, que vão conduzir, de alguma forma, a um raciocínio que seja relevante; não conduzir à resposta, mas conduzir a um raciocínio.”

Aspectos de seus *Conhecimentos pedagógicos* vieram à tona quando Lizi: (i) afirmou conseguir, de modo intencional, conduzir uma prática de modelagem mais rica, por exemplo, promovendo a interação e comunicação com estudantes, incluindo perguntas sobre modelos e modelagem nas discussões etc.; (ii) indicou caminhos de condução dos estudantes envolvidos em processos de modelagem; e (iii) afirmou considerar o que eles podem estar pensando como um dos aspectos que podem contribuir para a proposição de *testes* que os ajudem a chegar em conclusões sobre seus modelos.

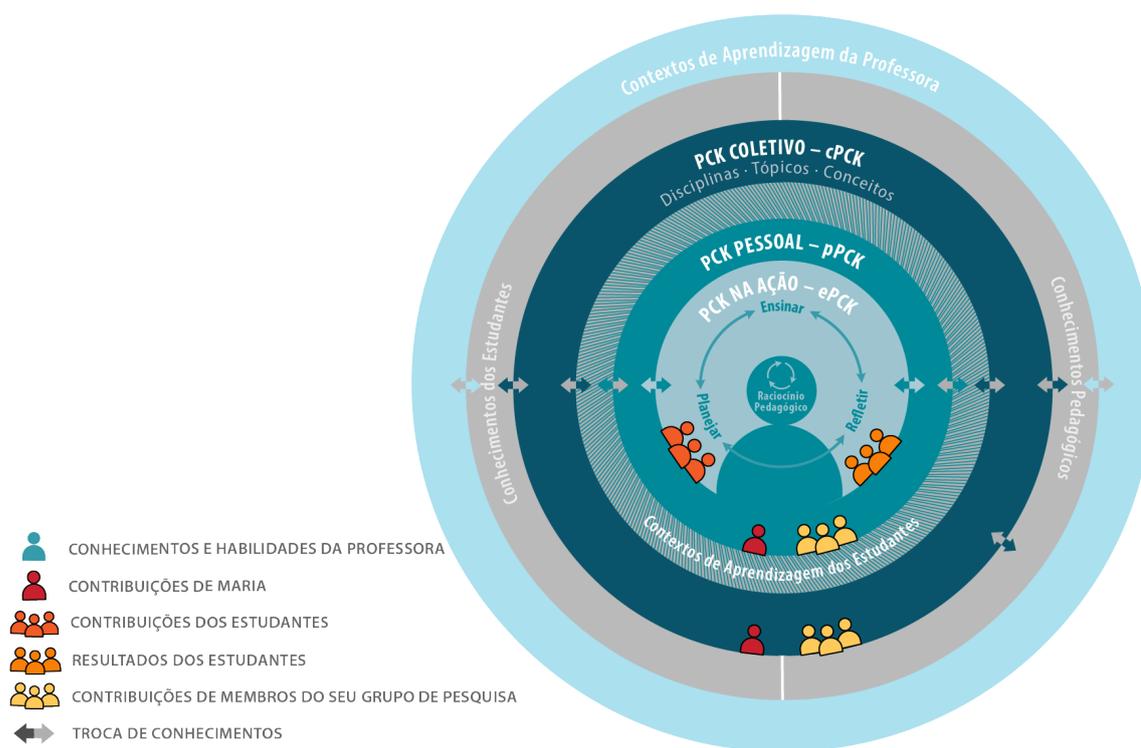
Destacou-se também, neste fragmento, um *filtro* relacionado a dúvidas e dificuldades ainda existentes em relação à caracterização das etapas de *testes* e *avaliação* de modelos na modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016). Para quem promove a ECFM aplicando atividades de modelagem, principalmente professores que as aplicam pela primeira vez, essa dúvida relacionada à distinção entre *testes* e *avaliação* não é rara. Isto porque existe uma certa semelhança entre ela, no sentido de o modelo ser questionado. Contudo, em *testes* de modelos,

busca-se investigar a adequação deles aos objetivos que orientaram sua elaboração. Por sua vez, em *avaliação*, o foco está em suas abrangências e limitações o que é avaliado principalmente a partir da investigação da validade de modelos em outros contextos, diferentes dos contextos nos quais foram criados (GILBERT; JUSTI, 2016).

Dois *amplificadores* também emergiram nessas declarações relacionados aos significados e à clareza como a modelagem se apresenta para ela atualmente e às suas experiências que resultaram na capacidade de realizar práticas mais intencionais na ECFM. Isto se confirma a partir da busca de Lizi em oferecer condições para que estudantes se envolvam nas etapas da modelagem.

Na figura 5.12, representamos os *CPD* que se manifestaram nesse contexto reflexivo de Lizi relacionado ao planejamento de atividades para a ECFM e os sujeitos que influenciaram nessa prática.

Figura 5.12 Caracterização de *CPD* da professora relacionados ao planejamento de atividades para a ECFM



Fonte: O autor.

Dois aspectos emergiram nesse cenário e que consideramos influenciar em práticas de ensino merecem destaque: a intencionalidade, muito marcante nas declarações de Lizi sobre o planejamento de situações para a promoção da ECFM, e a imprevisibilidade nessas situações.

Sobre a intencionalidade, Tomasello e colaboradores (2005) entendem que, no campo da Educação, ela pode ser bem compreendida, visto que a linguagem exerce um papel importante nos processos e práticas que nele ocorrem. Esses autores sugerem que o entendimento social, tal como ocorre nas práticas de Lizi, se fundamenta em motivações específicas para construir interações intencionais com sujeitos, nas quais ocorre compartilhamento de significados. Por sua vez, esses sujeitos constroem suas próprias estruturas cognitivas necessárias para desenvolver raciocínios sobre seus comportamentos e sobre o mundo.

Isso se traduziu em várias situações declaradas por Lizi quando ela intencionalmente promoveu situações para a ECFM. Em resposta, sujeitos que vivenciaram tais situações (intencionadas) provavelmente desenvolveram raciocínios sofisticados sobre suas ações e sobre um dos produtos de tais ações: a produção de conhecimentos. Entendemos que a própria modelagem favorece essa relação entre ações intencionais de quem a oportuniza e respostas criativas de quem as vivenciam. Tal como propõem Tomasello e colaboradores (2005), a intencionalidade é um aspecto importante na constituição dos CPD de professores de Ciências e implica diretamente nos CPD manifestados em situações de ensino. Isto porque, antes de tomar decisões sobre o que fazer, professores devem intencionalizar fazer algo no campo pedagógico. Isto parece se tornar ainda mais relevante em situações de mobilização de ePCK porque entendemos que a intencionalidade é inerente às práticas de planejamento, ensino e reflexão.

Tardif e Lessard (2005) discutem a imprevisibilidade no contexto de formação de professores. Eles nos lembram que o ensino tem características de uma atividade expressivamente marcada pelas interações humanas, pouco formalizada, diferenciada e de difícil controle, além de compreender diversas ambiguidades, incertezas e imprevistos e de se tornar mais dinamizada a partir de situações contextuais e de reações de seus interlocutores. Portanto, mesmo que o ensino possa apresentar algumas características que se repetem, as interações ocorrem em uma trama temporal, como aquela relacionada à imprevisibilidade na qual os acontecimentos podem iniciar ou se desenrolar de forma até mesmo surpreendente. Como exemplo disso, usamos as declarações de Lizi sobre imprevistos que ocorrem nas suas interações com estudantes, decorrentes da impossibilidade de prever, com precisão, quais respostas seriam dadas por eles aos seus questionamentos em situações de ECFM. Isto possivelmente exige dela mobilizar CPD que a auxiliem a lidar com tais imprevistos em contextos de sala de aula.

5.1.4.2 CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora Caracterizados em Situações de Ensino em Sala de Aula para a Promoção da ECFM

A primeira experiência prática em contexto profissional declarada por Lizi envolveu um minicurso ministrado em 2008 em uma universidade do Estado do Espírito Santo, a convite de uma professora daquela Instituição:

“Eu dei um minicurso de modelos e modelagem em 2008, [...] ia ter um evento na Universidade lá, [...]. E foi muito bom. Eu trabalhei só com uma sequência mais curta porque a carga horária [do curso] era bem reduzida, não sei se quatro ou seis horas. Então, não dá para fazer muita coisa com isso. E o único material que eu tinha pronto naquela época era o de Equilíbrio Químico, que é enorme e não faria sentido eu trabalhar com um curso voltado para o desenvolvimento de conteúdo de professores. Então, eu trabalhei com eles com a sequência de modelagem do *Suflair* [...] que eu acho bem bacana. É uma ideia de que ‘olha, você tem que observar, você tem que pensar no processo que justifique aquelas evidências’.”

Esta declaração evidencia a manifestação de *Conhecimentos dos estudantes*, *Conhecimentos de currículo* e *pPCK* nesse contexto de promoção da ECFM. Lizi salientou que, para aquele público (provavelmente licenciandos e professores), aplicar a sequência de Equilíbrio Químico seria inviável (*Conhecimentos dos estudantes*) porque tal sequência focava no ensino desse conteúdo e era extensa demais para ser aplicada no curto tempo do minicurso (*Conhecimentos de currículo*). Isso indicou que suas intenções eram compartilhar conhecimentos sobre modelagem e não sobre esse conteúdo curricular. Caso ela utilizasse a sequência de ensino mais extensa, eles poderiam não entender os princípios da modelagem, seu principal objetivo com a oferta do minicurso.

Para promover o melhor entendimento da ECFM, Lizi optou por trabalhar com outra sequência de ensino para a ECFM que, teoricamente, poderia ser desenvolvida e discutida no tempo disponível do minicurso: a do *Suflair*. Para ela (e a partir de suas experiências), essa atividade seria mais adequada ao contexto e ao público-alvo (*Conhecimentos dos estudantes*).

Essas considerações conscientes de Lizi sobre *o que ensinar, como ensinar e para quem ensinar*, diferenciando o contexto de promoção da ECFM em um curso em comparação a uma disciplina (Educação Básica e contextos de Educação Superior) não foram expressas como resposta a alguma de nossas perguntas durante a entrevista.

Em certo grau, promover a ECFM na Educação Básica ou na Educação Superior influencia o modo como Lizi guia os processos nesses dois contextos, o que, segundo Maton e Chen (2017), se relaciona à dimensão de *especialização do conhecimento*. Essa dimensão parte

da premissa de que toda prática é intencionada para algo e por alguém, e auxilia a distinguir relações epistêmicas entre o conhecimento, seus objetos de estudo e as relações sociais entre o conhecimento e seus sujeitos (conhecedor e aprendiz). Isto pode ser traduzido a partir do relato de Lizi, visto que ela (conhecedor) considera o quê e como ensinar (objeto de estudo), dependendo do público para o qual leciona: estudantes da Educação Básica ou da Educação Superior e/ou professores em formação continuada (aprendizes). Por terem servido de base para experiências com a ECFM posteriores, creditamos *CPD* adquiridos no contexto do minicurso como integrantes de seus *pPCK*.

Nas declarações sobre suas primeiras experiências de promoção da ECFM na Educação Superior (ocorridas no contexto do minicurso) Lizi deixou evidente o *filtro* relacionado ao pouco tempo para trabalhar com uma sequência mais completa de ensino para a ECFM. Isto a fez optar por utilizar uma sequência mais curta. Por sua vez, tal opção de planejar e aplicar uma sequência curta naquele contexto contribuiu para que ela tivesse tempo suficiente de discutir aspectos da ECFM com os participantes do minicurso, o que indicou uma característica funcional de um *amplificador*.

Crenças relacionadas à escolha de sequências que se adequassem aos contextos de aplicação também foram observadas quando Lizi afirmou acreditar que a atividade de modelagem do *Suflair* cumpriu bem seu papel naquela situação de ECFM. Ela também destacou a influência de vários sujeitos envolvidos nesse contexto de promoção da ECFM: os participantes do minicurso: pesquisadora que a convidou para ministrá-lo, professores e licenciandos participantes.

Além de apresentar justificativas para a escolha da sequência de modelagem do *Suflair*, Lizi citou outras sequências de ensino que aplicou posteriormente em contextos de Educação Superior:

“É uma sequência de atividades simples, mas que eu achei que foi bem proveitosa e deu para relacionar bem todas as etapas da modelagem. Essa foi a primeira experiência. Depois disso, em todas as turmas de Instrumentação [para o Ensino de Química] eu passei por alguma atividade [pautada na ECFM], geralmente, atividades mais reduzidas. Então, a atividade do *Suflair* eu apliquei de novo, atividade da cola, atividade da máquina de refrigerante⁵⁸,

⁵⁸ Essas são outras sequências de atividades produzidas no contexto do GP de Lizi que têm o mesmo objetivo da atividade de modelagem do *Suflair*: contribuir para que os estudantes reconheçam os significados da modelagem, vivenciando-a a partir de modelagem de contexto cotidiano, antes de se envolverem em atividades voltadas para o aprendizado de algum conteúdo científico a partir da modelagem (de contexto científico).

sempre atividades menores. De conteúdo químico, a primeira vez que eu trabalhei foi em 2015 no curso que eu ministrei no PIBID. ‘Por que a cola cola?’ pode ser químico, mas não tem tantos dados, evidências químicas. Então, essa de 2015 foi a primeira completa.”

Em seguida, Lizi citou estratégias e atividades que ela realiza ao ensinar em contextos de ECFM, salientando aspectos gerais delas. Inicialmente, aspectos de ensino sobre modelos e modelagem na Educação Básica foram destacados:

“Na Educação Básica, a parte de ensino sobre modelo ficava mais implícita. Eu não sei se eu posso falar implícita, quer dizer, eu não parava um momento para ficar discutindo sobre modelos. Isso aparecia durante as aulas. É implícita mesmo, né? Ou surgia no meio do caminho. Mas com o caminho das atividades prontas geralmente é observação empírica, experimentos, sempre que possível empíricos, porque o experimento também ajuda muito a chamar atenção, a trazer evidências, a pensar cientificamente, a desenvolver essas práticas científicas. Então, experimentação, usar formas de representação diferenciadas.”

Estas declarações indicam a manifestação de *Conhecimentos de currículo* relacionados a como promover a ECFM em termos de organização de ações e condução das mesmas no contexto de Educação Básica. Nelas, são enfatizadas a clareza e firmeza da professora ao indicar genericamente “caminhos” das atividades conhecidas (para ela) para a ECFM, destacando-se a observação empírica e testes para observar evidências e promover o pensamento científico e desenvolvimento de práticas científicas.

Outro tipo de *CPD* das Bases Gerais observado envolve *CK* apresentados em diferentes dimensões. Uma delas foi observada na narrativa de Lizi sobre como conduzir o processo de modelagem. De modo bem semelhante ao apresentado na literatura sobre o *Diagrama Modelo de Modelagem v2* (DMM v2) (GILBERT; JUSTI, 2016), modelo sobre o qual ela orienta a sua prática para a ECFM, ela destacou a importância da experimentação para favorecer a observação de evidências (importantes nas etapas da modelagem), uso de formas de representação (principalmente na etapa de *expressão*), *testes* etc. Outra dimensão foi observada na afirmação de Lizi de que ensinar sobre modelos no contexto de Educação Básica era algo implícito, visto que este assunto surgia em suas aulas, mas ela não dedicava tempo para discutir isso.

Todos esses *CPD* influenciaram na aquisição e mobilização de seus *pPCK*, uma vez que seus conhecimentos individuais são integrados por quaisquer práticas vivenciadas na ECFM. Mesmo não estando especificamente explícito como isto ocorreu, esses *pPCK* se transformaram em *ePCK*, ou seja, em situações de ensino na ECFM, sobretudo, em planejamento; *ePCK_p*; e

ação, *ePCK_T*. Salientamos que, mesmo manifestados em um espaço de tempo relativamente distante às ações, *ePCK_R* foram evidenciados nas declarações de Lizi a partir do momento em que ela refletiu sobre ações específicas realizadas em contextos ocorridos no passado.

Assim, destacamos que um ciclo de raciocínio pedagógico completo foi evidenciado a partir dessas declarações e consideramos que os *ePCK* podem ser caracterizados na perspectiva do passado e identificados a partir de relatos reflexivos sobre tais situações – o que denota que, nesse contexto a reflexão tem importância fundamental.

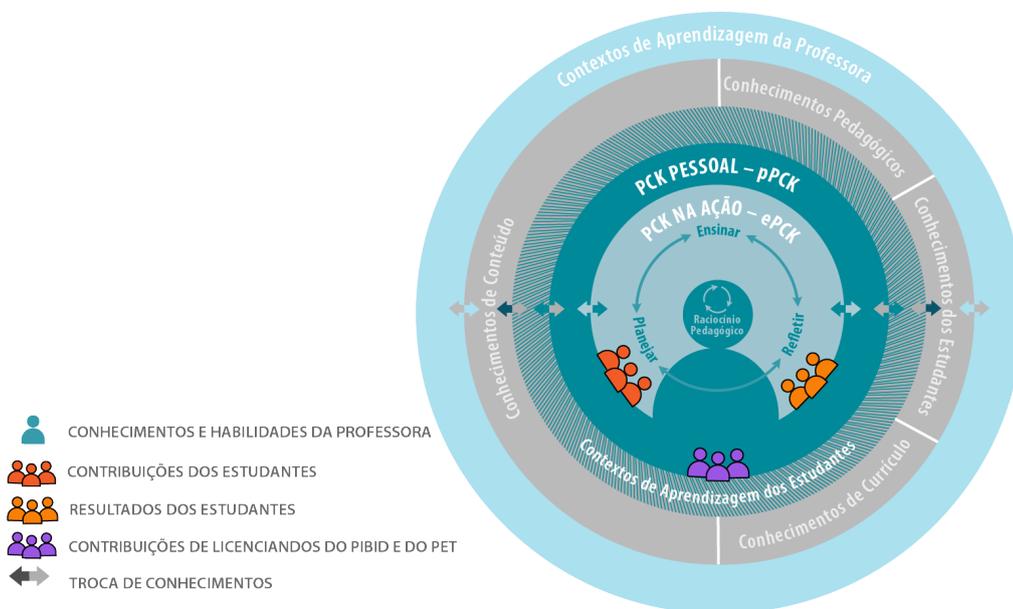
Ampliando sua reflexão sobre a importante aquisição de *CPD* relacionados aos recursos educacionais no contexto de Mestrado Lizi declarou como geralmente seleciona e utiliza tais recursos em situações de ensino:

“No [Ensino] Superior, além desses materiais, apesar de os estudantes tenderem a recorrer menos ao concreto, eu disponibilizo também, mas confesso que, mais dificilmente, eles usam. A experimentação também fica presente, mas na parte de discutir sobre modelos. Eu sempre procuro ver textos acessíveis fomentando gradativamente a complexidade desses textos, das informações, tentar sintetizar a ideia em forma de apresentação, exemplificar... São recursos que eu sempre uso. Por exemplo, trabalhar com modelo desenhado, verbal ou concreto de massinha, palito, bola de isopor. Para a Educação Básica, esses recursos sempre estiveram disponíveis. E alguns textos suporte também porque nem tudo vem, às vezes, com esse raciocínio. Muitas coisas, a gente tem que fazer no sentido de introduzir a história científica, de introduzir alguns conceitos, definições ...”

Assim, Lizi destacou que, no Ensino Superior, usa relativamente os mesmos recursos educacionais utilizados na promoção da ECFM para estudantes da Educação Básica. Isto salienta aspectos de seus *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos de currículo*, que entram em confluência a partir da disponibilidade desses recursos aos licenciandos, com destaque também para a realização de experimentos e disponibilização de textos sobre ECFM. Por exemplo, Lizi destacou o uso de recursos para promover a ECFM com foco na disponibilidade de textos-suporte e com formas de introduzir a história da Ciência. Em sala de aula, tais textos geralmente são abordados de modo gradativo, de acordo com os graus de complexidade de assuntos neles abordados. Para isso, Lizi busca sintetizar e exemplificar suas ideias em apresentações (em multimídia). Além desses *CPD*, *Conhecimentos dos estudantes* foram expressos: no reconhecimento de que licenciandos tendem a recorrer menos a objetos concretos do que estudantes da Educação Básica durante as atividades para a ECFM; e nas declarações do uso de representações para a expressão de modelos (por exemplo desenhos, verbais, feitos com massinha, palito e bola de isopor).

Assim, na figura 5.13 representamos os *CPD* adquiridos ou mobilizados por Lizi a partir de declarações relacionadas à promoção da ECFM na perspectiva de ensino em sala de aula.

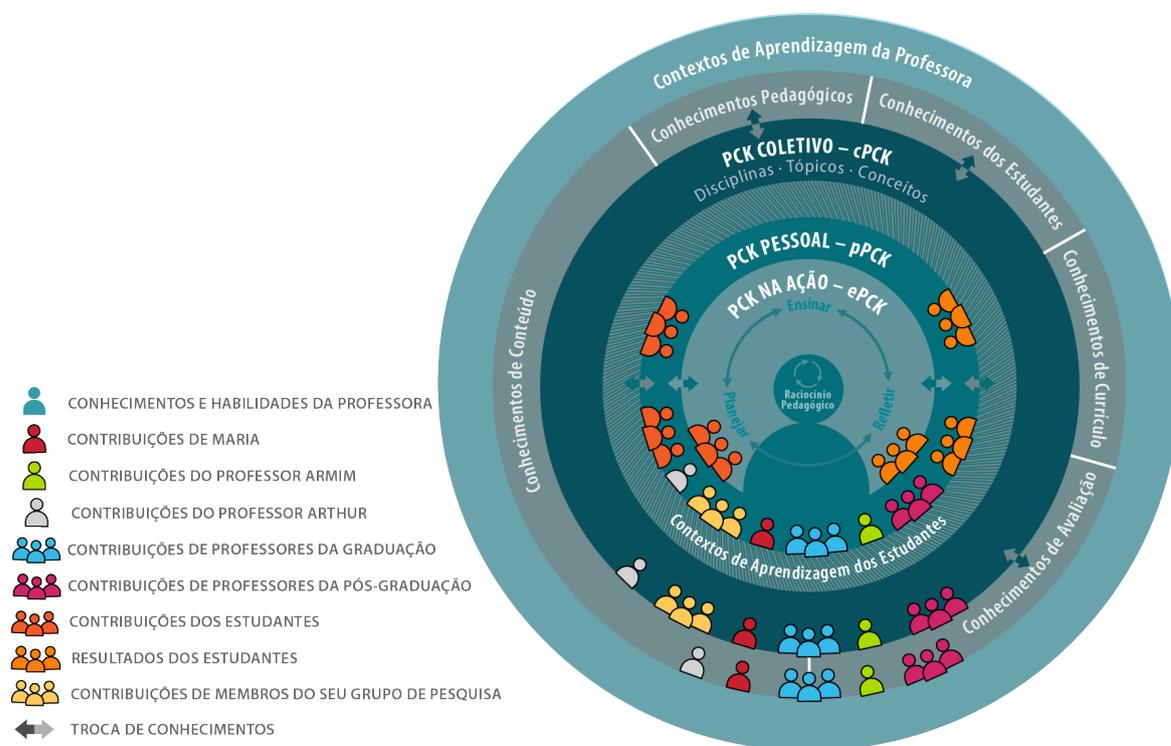
Figura 5.13 Caracterização de *CPD* manifestados pela professora no contexto de prática de ensino em sala de aula para promoção da ECFM



Fonte: O autor.

A figura 5.14 representa os *CPD* manifestados por Lizi durante todo esse percurso que descrevemos até aqui.

Figura 5.14 Caracterização de CPD manifestados pela professora nos percursos escolares, acadêmicos e profissionais integrando CPD manifestados a partir de declarações sobre contextos de prática (ensino em sala de aula e planejamento) para a ECFM



Fonte: O autor.

Compreendemos que, neste cenário, houve ampliação de seus *Conhecimentos de currículo*, *Conhecimentos de estudantes* e *pPCK*, a partir das experiências de ensino relacionadas à ECFM, influenciados pelos contextos de docência e pelos sujeitos que participaram dessas experiências. Com a representação (figura 5.14) e essas interpretações, entendemos que é possível reconhecer e considerar a dinâmica de influências e transformações que o modelo indica e que têm se expressado no decorrer das análises.

5.1.5 Mudanças na Trajetória Docente da Professora Relacionadas às Práticas para Promover a ECFM

Lizi refletiu sobre mudanças gerais ocorridas nos seus modos de promover a ECFM no decorrer dos anos. Ela começou descrevendo como percebe o campo de estudos sobre a ECFM e como isto tem implicações em sua prática:

“Por eu estar pensando na modelagem há tanto tempo, eu não me desvinculei dela. Pelo contrário, a área foi crescendo. Hoje, a visão que eu tenho de modelagem é muito diferente da visão que eu tinha antes que era ‘ok, para desenvolver conteúdos’, aí depois ‘para habilidades investigativas’. Aí vieram

os trabalhos [do Grupo de Pesquisa] sobre habilidades argumentativas, analogias e Natureza da Ciência. Então, hoje, é tão amplo, mas tão amplo, que muitas vezes, quando eu vou trabalhar com modelagem, eu consigo pensar ‘nossa, olha aqui, eu tô desenvolvendo a argumentação. Olha aqui, todos eles estão construindo analogias, fazendo mapeamentos, observando um experimento. Olha as habilidades investigativas’. Então, eu consigo perceber no processo e questionar sobre o processo. E eu tenho certeza que é muito mais do que a visão que eu tinha quando estava pensando só em conteúdo químico.”

Essas declarações de Lizi explicitaram, sobretudo, seus *CK* a partir declarações sobre como sua visão sobre a ECFM foi se desenvolvendo ao longo do tempo. Alguns pesquisadores já estudaram visões de professores sobre modelos e modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002a; 2003; KRELL; KRÜGER 2016; KRELL *et al.*, 2019; TAY; YEO, 2018; VAN DRIEL; VERLOOP, 1999; 2002), bem como sobre a forma como professores de Ciências planejam e conduzem aulas de modelagem (por exemplo, CAMPBELL *et al.* 2015; KHAN, 2011; WILLIAMS; CLEMENT, 2015). Entre os principais achados, esses estudos revelam que a maioria de professores de Ciências, principalmente licenciandos e professores iniciantes entendem modelos como meios para representar o conhecimento do conteúdo científico, ou seja “modelos de algo”, para “demonstrar algo” e que aulas de modelagem implementam principalmente pedagogias de modelagem explícita e entendida como uso de modelos.

As considerações de Lizi indicaram como o desenvolvimento de sua visão sobre a ECFM foi significativo em termos de ECFM para um ensino de Ciências numa perspectiva mais contemporânea. Lizi partiu da visão sobre a ECFM para desenvolver conteúdos. Com o passar do tempo e com suas experiências teóricas e práticas, ela passou a conceber a ECFM para o desenvolvimento de habilidades investigativas, habilidades argumentativas, analogias, NdC, argumentação, todos em um mesmo contexto de ensino. Nesse caso, podemos interpretar esse desenvolvimento na perspectiva da Teoria da Ação Mediada que indica caminhos evolutivos (WERTSCH, 1998). A partir de um olhar macro, entendemos que a visão de Lizi no início da carreira seguia a tendência apontada por pesquisadores que investigaram as visões sobre a ECFM de professores iniciantes. Contudo, com o passar do tempo, Lizi foi rompendo com essa tendência, o que causou transformações nos modos como ela concebia, estudava e praticava a ECFM.

Um ponto de transição nessa história de desenvolvimento parece ter sido a adoção da visão sobre a ECFM pautada mais em uma perspectiva de modelos como artefatos epistêmicos (KNUUTTILA, 2005); da modelagem como relacionada a outras abordagens de ensino (por exemplo, para desenvolvimento de raciocínio analógico, argumentação, NdC e representação)

(GILBERT; JUSTI, 2016); e da modelagem como envolvendo um conjunto de práticas científicas e epistêmicas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017).

Lizi afirmou que consegue perceber esses aspectos no processo e fazer questionamentos relacionados a eles, o que indicou *Conhecimentos pedagógicos* no contexto da prática. *Conhecimentos de estudantes* também se manifestaram quando Lizi pontuou ações comuns a estudantes envolvidos nas atividades para a ECFM, tais como construir analogias, fazer mapeamentos e observar experimentos.

Lizi deixou claro como adquiriu *cPCK*, ao citar sua participação em trabalhos que tinham relações com a ECFM e que eram liderados por membros de seu GP. Assim como as experiências relatadas anteriormente, essas vivências passaram a integrar seus *pPCK*.

Durante a explanação, também se manifestaram elementos-chave que foram determinantes para o traçar desse caminho de desenvolvimento e para que reconhecêssemos alguns *amplificadores* e *filtros*. Seus conhecimentos e/ou participação em trabalhos desenvolvidos no seu GP, mudanças nos seus modos de promover a ECFM e como seus estudantes responderam a isso são considerados *amplificadores*, visto que ela reconheceu que tais aspectos auxiliaram na ampliação de sua visão sobre a ECFM. Por outro lado, interpretamos como um *filtro* sua afirmação sobre o fato de a modelagem ser um campo de estudos que está sempre se expandindo. Tal classificação pode causar estranheza, uma vez que a expansão do campo de estudos tende a ser visto como algo que resulta na ampliação de conhecimentos (aspecto reconhecido por ela em outros momentos). Entretanto, as pistas contextuais do discurso de Lizi ao fazer tal afirmativa indicam que, naquele momento, ela se referia a tal expansão como um problema, no sentido de buscar uma atualização frequente a partir da literatura ser uma prática que demanda um tempo considerável, nem sempre disponível.

Essas interpretações nos fazem considerar um aspecto da *identidade docente* de Lizi, que corrobora esse contexto de desenvolvimento de visão sobre a ECFM: o fato de ela ser uma especialista em ECFM. Especialistas em determinados assuntos tendem a estar atentos às novas perspectivas apresentadas na literatura relacionada a eles. Além disso, concordamos com Gess-Newsome (2015) quando ela reconhece que a influência e o conhecimento adquirido por professores influenciam a aprendizagem de estudantes e agem como um amplificador ou filtro entre conhecimento e prática.

No caso de Lizi, estar atenta ao que pesquisadores estão investigando sobre ECFM (e sobre abordagens afins) favoreceu o desenvolvimento de sua visão até os dias atuais. Isso fez mais sentido para nós a partir do acesso à seguinte declaração:

“Eu acho que tudo colabora. Mas o fato de eu estar em um Grupo de Pesquisa, isso aí... A minha cabeça abriu de uma forma... E até de participar de pesquisas, seja colaborando, seja como objeto de estudo, dando opinião acompanhando a pesquisa dos outros, tudo isso... Isso tem aberto tanto a minha cabeça que eu acho que... Isso aí é o mais notável. Agora, a prática também, eu acho que em termos de eu aprender a conduzir, é só fazendo. Eu defendo que tem que fazer para aprender a fazer, mas é leitura também. Nossa! A gente aprende com essas experiências de outros também, com certeza!”

Lizi valorizou todas as suas experiências em contextos de ECFM, o que ressalta seus contextos de aprendizagem *sobre* ECFM. Houve ênfase ao fato de participar de um GP, contexto em que adquiriu *cPCK* participando, colaborando, sendo investigada, opinando, acompanhando as pesquisas dos colegas etc. Lizi também destacou, sem detalhar, como a aquisição de *PCK* com a prática também é importante no que diz respeito à necessidade de praticar para aprender a promover a ECFM. Contudo, ela não desconsiderou a importância de aprender “com essas experiências de outros também”, ou seja, observando outros promovendo a ECFM e, também, estudando sobre isto. Por exemplo, lembramos ao leitor que, desde o contexto no qual Lizi era estudante da Educação Básica, ela adquiriu *CK* e *Conhecimentos de currículo*, mesmo superficiais, observando seu professor de Química, Armim, ensinar o conteúdo Modelos para o Átomo, o que seguiu acontecendo nos contextos de Educação Superior com a observação de práticas de outros professores.

Dois aspectos de sua *identidade docente* podem ser interpretados nesse cenário. O primeiro envolve o reconhecimento de que ela tem a “mente aberta” para aspectos diversos que podem estar relacionados ou ser promovidos em contextos de ECFM, o que contribui para que seja uma professora que busca sempre aprender com novas perspectivas para a ECFM. O segundo envolve sua convicção de que é preciso “fazer para aprender a fazer” na promoção da ECFM. Este segundo aspecto é entendido também como uma *crença* sobre a ECFM que teve influências em seus *pPCK*, porém, sem desconsiderar os conhecimentos teóricos (de diferentes tipos, tais como *CK* e *pPCK*) adquiridos a partir de leituras.

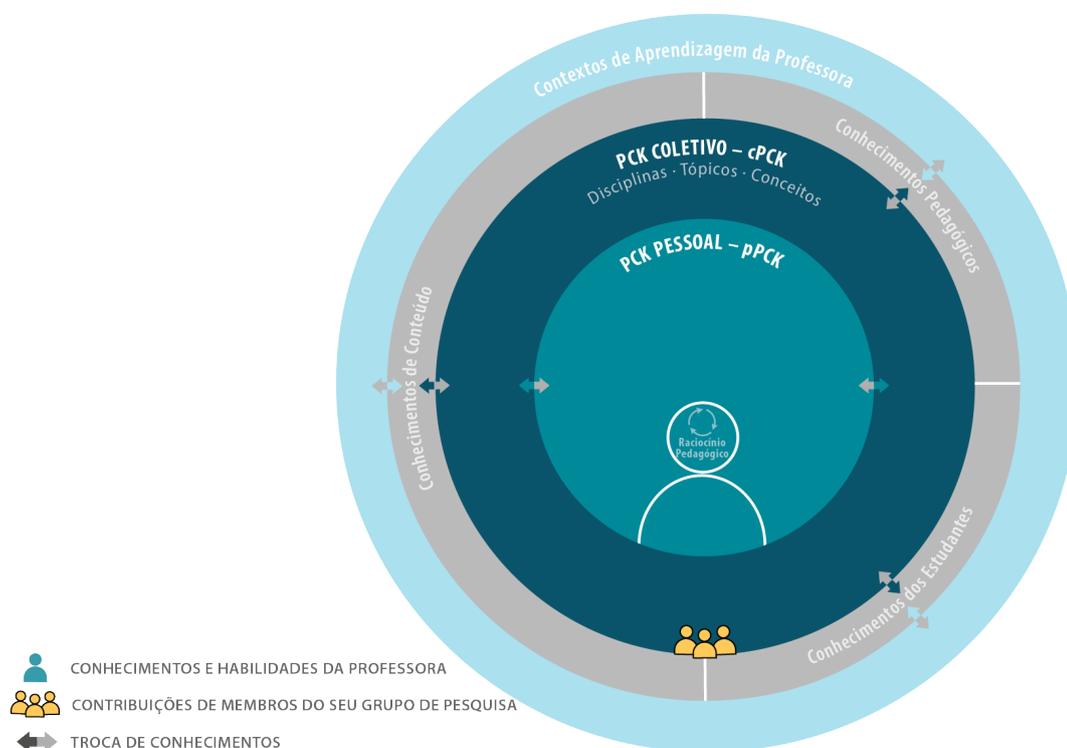
Estes pontos que caracterizam uma das *crenças* de Lizi já foram discutidos na literatura em Filosofia da Educação em termos de saberes experienciais⁵⁹. Por exemplo, para Lewis e Williams (1994) aprender com a experiência ou aprender fazendo ocorrem com a imersão de sujeitos em alguma experiência, a partir da qual e sobre a qual o sujeito reflete para desenvolver

⁵⁹ Entendemos saberes experienciais na perspectiva de Tardif (2012) que destaca que esses saberes são aqueles oriundos das experiências vividas.

novas habilidades, novas atitudes ou novas maneiras de pensar. Nessa perspectiva, Chapman, McPhee e Proudman (1995) definem o “saber fazendo” como uma aprendizagem ativa que se pauta na prática. Nesse sentido, as experiências devem incluir e expor os sujeitos a uma integração entre conteúdo e processo, sem julgamento excessivo e com envolvimento intencional, de modo a encorajar o sujeito à reflexão, ao investimento emocional, ao reexame de valores etc.

Na figura 5.15, destacamos os *CPD* que influenciaram nas mudanças na trajetória de Lizi relacionadas à promoção da ECFM.

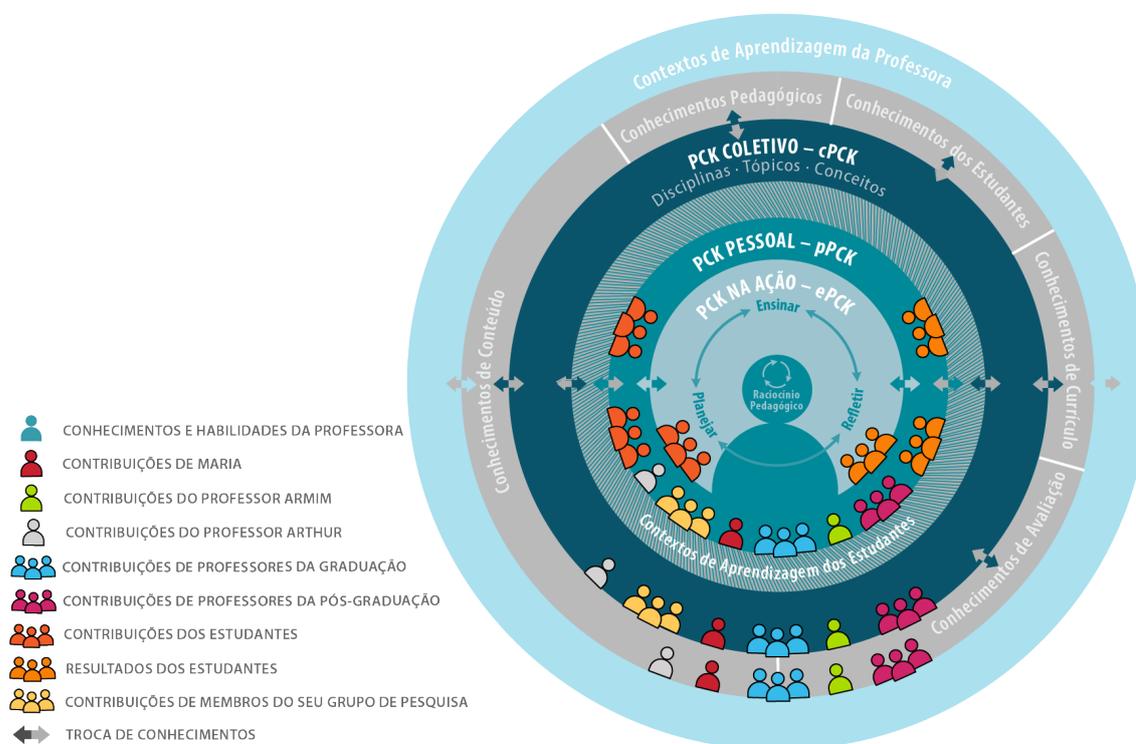
Figura 5.15 Caracterização de *CPD* manifestados no contexto de mudanças na trajetória da professora relacionadas à promoção da ECFM em sala de aula



Fonte: O autor.

Como de costume nesta Tese, apresentamos a figura a seguir (5.16) para representar os *CPD sobre modelagem* de Lizi, considerando todo esse cenário descritivo de manifestação de *CPD sobre modelos e modelagem*, desde a Educação Escolar de Lizi até a consideração desse contexto de mudanças que ocorreram nos modos como ela conduziu a ECFM ao longo do tempo.

Figura 5.16 Caracterização de *CPD* mobilizados pela professora nos percursos escolares, acadêmicos e profissionais integrando *CPD* manifestados a partir de declarações sobre mudanças na trajetória da professora relacionadas à promoção da ECFM em sala de aula



Fonte: O autor.

5.1.6 Caracterização Geral de Filtros e Amplificadores como Fatores Influenciadores na Manifestação de CPD sobre Modelos e Modelagem nas trajetórias Escolares, Acadêmicas e Profissionais da Professora

Além dessa caracterização de *CPD* dos contextos de ensino e aprendizagem de Lizi ao longo do tempo que remontou sua história escolar, acadêmica e profissional, foi possível caracterizar também *filtros* e *amplificadores* relacionados à ECFM na perspectiva dessa professora. No quadro 5.1, apresentamos uma caracterização geral desses *filtros* e *amplificadores*.

Quadro 5.1 Caracterização geral de *filtros* e *amplificadores* nas trajetórias escolar, acadêmica e profissional na ECFM da professora. (continua)

Tipo	Contexto	Fatores influenciadores	Situação
Filtros	Ensino na Educação Básica	Currículos	- Seguir cronogramas e ter pouca flexibilidade dificultam a promoção da ECFM.
		Planejamento de ECFM	- Elaborar sequências, roteiros, atividades e estratégias para a ECFM são tarefas difíceis. - Planejar roteiros e atividades de ensino para a ECFM requer muito tempo.
		Uso de sequências de ensino prontas	- Usar sequências de ensino para a ECFM prontas não permite inovação na sua prática docente.
		Promoção da ECFM	- Conduzir ECFM no início da carreira foi difícil. - Caracterizar e diferenciar testes de avaliação de modelos ainda é uma tarefa difícil. - Conduzir atividades voltadas para a ECFM demanda tempo.
		Comportamento de estudantes	- Receber questionamentos inesperados de estudantes exige que ela pesquise e os discuta em aulas posteriores, fugindo de seu planejamento inicial. - Ter estudantes desacostumados a trabalhar em grupos dificulta a promoção da ECFM.
	Ensino na Educação Superior	Promoção da ECFM	- Ter que utilizar sequências de ensino mais curtas em minicursos pelo pouco tempo. - Caracterizar e diferenciar testes de avaliação de modelos ainda é uma tarefa difícil.
		Planejamento de ECFM	- Elaborar sequências, roteiros, estratégias e atividades para a ECFM são tarefas difíceis. - Planejar roteiros e atividades de ensino para a ECFM requer muito tempo. - Planejar atividades para a ECFM é uma tarefa difícil.
		Uso de sequências de ensino prontas	- Usar sequências de ensino para a ECFM prontas não permite inovação na sua prática docente.
		Comportamento de estudantes	- Receber questionamentos inesperados de licenciandos exige que ela pesquise e os discuta em aulas posteriores, fugindo de seu planejamento inicial.
	Estudos em Geral	Literatura sobre ECFM	- Ser a ECFM um campo de estudos que está sempre se expandindo.
		Promoção da ECFM	- Dificuldades ainda existentes em relação à caracterização de algumas etapas da modelagem.

Quadro 5.1 Caracterização geral de *filtros* e *amplificadores* nas trajetórias escolar, acadêmica e profissional na ECFM da professora. (continuação)

Tipo	Contexto	Fatores influenciadores	Situação
Amplificadores	Ensino na Educação Básica	Uso de sequências de ensino prontas	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar e validar atividades para a ECFM em seu GP facilita o acesso a tais atividades e seus usos em aulas. - Utilizar sequências de ensino prontas otimiza o tempo para promoção de ECFM.
		Promoção da ECFM	<ul style="list-style-type: none"> - Surpreender-se por ter em mente como conduzir as atividades para a ECFM a partir de seus conhecimentos teóricos. - Realizar práticas mais intencionais na ECFM a partir das suas experiências. - Entender como boa a utilização do tempo para promover ECFM. - Acreditar ser possível contornar limitações na promoção da ECFM.
		Comportamento de estudantes	<ul style="list-style-type: none"> - Ter estudantes acostumados com trabalhos colaborativos e investigativos auxilia na promoção da ECFM. - Estudantes do Ensino Médio usam mais recursos disponibilizados para a construção de modelos do que estudantes da Educação Superior.
		Observação e espelho em boas práticas docentes de professores	<ul style="list-style-type: none"> - Observar boas práticas de Armim, professor de Química do Ensino Médio.
	Ensino na Educação Superior	Uso de sequências de ensino prontas	<ul style="list-style-type: none"> - Ter acesso a atividades para a ECFM elaboradas e validadas pelo GP auxilia a ganhar tempo e facilita usá-las em suas aulas.
Promoção da ECFM	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar pesquisas sobre a ECFM no mesmo contexto em que estudou e promoveu a ECFM. - Trabalhar com atividades simples para a ECFM visando ter tempo para discutir a estratégia de ensino com os participantes do minicurso voltado para formação de professores. - Realizar práticas mais intencionais na ECFM a partir das suas experiências. 		

Quadro 5.1 Caracterização geral de *filtros* e *amplificadores* nas trajetórias escolar, acadêmica e profissional na ECFM da professora. (continuação)

Tipo	Contexto	Fatores influenciadores	Situação
Amplificadores	Ensino na Educação Superior	Promoção da ECFM	<ul style="list-style-type: none"> - Promover a ECFM em turmas de licenciandos acostumados com trabalhos colaborativos e investigativos facilita os processos que necessitam de trabalho colaborativo. - Entender como boa a utilização do tempo para promover ECFM. - Utilizar sequências de ensino prontas otimiza o tempo para promoção de ECFM.
		Comportamento de estudantes	<ul style="list-style-type: none"> - Ter estudantes acostumados com trabalhos colaborativos e investigativos auxilia na promoção da ECFM.
		Observação e espelho em boas práticas docentes de professores	<ul style="list-style-type: none"> - Observar boas práticas de professores que teve na Educação Superior.
	Estudos em Geral	Currículos	<ul style="list-style-type: none"> - Ter estudado o papel das representações na ECFM é algo importante para ela.
		Promoção da ECFM	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar pesquisas sobre a ECFM no mesmo contexto em que estudou e promoveu a ECFM. - Adquirir conhecimentos a partir da participação em trabalhos desenvolvidos no seu Grupo de Pesquisa resultou em conhecer melhor a ECFM. - Adquirir uma visão mais abrangente para a ECFM influenciou na sua prática de ensino para a ECFM. - Ter clareza sobre como promover a ECFM atualmente é algo positivo. - Estar convencida de que tanto a argumentação quanto aspectos de NdC são elementos que compõem a ECFM. - Ter participado da construção de conhecimentos ou da produção de trabalhos em contextos de ECFM contribuiu para a ampliação de sua visão sobre a mesma.

Fonte: O autor.

Alguns aspectos dessa caracterização merecem destaques. Um desses aspectos foi que a maioria dos *filtros* que Lizi expressou se relacionava à promoção da ECFM na perspectiva de ensino, enquanto a maioria dos *amplificadores* se relacionava à aprendizagem (da professora

ou de estudantes). Isso vai ao encontro do que Shulman (1986; 1987) sugere como importante na perspectiva de professores, que precisam responder pedagogicamente às necessidades dos estudantes, durante as aulas, e adaptando suas estratégias de ensino conforme necessário. Lizi indicou sempre buscar resultados positivos dos estudantes com a promoção da ECFM. Suas atividades para isso tendiam a ser bem-organizadas em torno da modelagem vivenciando suas etapas. Isto significa que *filtros* e *amplificadores* também serviram para adaptar suas aulas buscando responder pedagogicamente às demandas de estudantes. Entendemos que isto é algo que influencia significativamente seus *ePCK*.

Outro aspecto se destacou com a observação de que, na maioria das vezes, *filtros* ou *amplificadores* se evidenciavam quando Lizi estabelecia comparações entre estratégias para a promoção da ECFM frente a outras estratégias de ensino (por exemplo, pautadas em um ensino tradicional). Além disso, *filtros* e *amplificadores* se relacionam a fatores que puderam ser distinguidos e relacionados com os *CPD* que, porventura, se manifestaram no contexto declarado. Por exemplo, *filtros* e *amplificadores* relacionados ao currículo de promoção da ECFM (*Conhecimentos de currículo*), planejamento (*ePCK_P*), estratégias e ações para a ECFM (*ePCK_T*, *Conhecimentos pedagógicos* etc.), comportamento dos estudantes (*Conhecimentos dos estudantes*, *Conhecimentos pedagógicos* etc.), literatura sobre ECFM (*CK*, *pPCK* etc.) etc.

Também é digno de destaque o aspecto evidente de que tanto *filtros* quanto *amplificadores* são contextuais, algo que verificamos quando eles se manifestavam em declarações sobre diferentes contextos didáticos críticos que envolviam a ECFM. Isso fica mais claro quando consultamos o quadro 5.1 e verificamos que alguns fatores influenciadores se repetiram em diferentes contextos que são comuns nesses contextos (por exemplo, na promoção da ECFM utilizar sequências de ensino prontas é um amplificador tanto no contexto de Educação Básica quanto no contexto de Educação Superior). Além disso, foi digno de nota o importante papel de diferentes *amplificadores* e *filtros* na aquisição e/ou mobilização de *CPD* em diferentes estágios da carreira acadêmica e profissional da professora.

5.1.7 Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem e as Affordances da ECFM na Perspectiva da Professora

Como explicado anteriormente, *affordances* são situações ou entidades contextuais que tanto potencializam quanto limitam a realização de ações pelos sujeitos (GIBSON, 1986). Mesmo que as *affordances* de algo se relacionem a percepções individuais dos sujeitos, entendemos que elas podem ser análogas às *crenças*. Assim, entendemos que quando as

affordances de algo são expressas por professores, elas indicam aspectos de filtros e amplificadores nos processos de ensino e aprendizagem. Por exemplo, quando Lizi, em seus discursos, explicitou *affordances* da ECFM indicando o que ela considerava ser possível ou não de ser feito, mais fácil ou mais desafiador, isto nos fez entendê-las como *filtros* ou *amplificadores* nos processos de ensino e aprendizagem vivenciados por ela. Por isto, realizamos uma análise de declarações de Lizi em diferentes situações reflexivas que destacaram *affordances* relacionadas a diferentes aspectos, elementos e contextos de promoção da ECFM⁶⁰.

Por vezes, suas reflexões indicam que, na ECFM, limitações são inerentes à promoção de estratégias de ensino que a fundamentam. Por outras, potencialidades são consideradas por ela, com destaque para aquelas relacionadas à aprendizagem de estudantes. Em algumas dessas reflexões, Lizi avaliou seu movimento contínuo de estudos sobre a ECFM, algo determinante para a constituição de sua base atual de *CPD*. Por exemplo, ela considerou que adquire conhecimentos recursivamente por estar “sempre revendo o conceito de modelagem”, ou seja, situação importante para a aquisição de *CPD* e que também implica em uma ampliação de sua visão. Isto endossa nossas considerações sobre um dos aspectos de sua *identidade docente*: ser especialista em ECFM. Porém, ela fez uma ressalva relacionada ao grau de importância que atribui à ECFM frente a outras abordagens e temáticas de ensino:

“Não que eu acho que tudo gira em torno de modelagem. Eu trabalho na Instrumentação [para o Ensino de Química] com várias temáticas, mas hoje eu posso ver que a Modelagem na Educação é uma área muito mais ampla do que eu pensava inicialmente.”

O exemplo de uso da modelagem na disciplina Instrumentação para o Ensino de Química reforça a aquisição e mobilização de *pPCK* e, também, de *Conhecimentos de currículo*. Este último por indicar uma organização curricular na Licenciatura em Química que incluía a ECFM. Se por um lado, a atualização constante que Lizi faz a partir de estudos publicados na literatura em Educação em Ciências relacionados à ECFM foi expressa uma vez indicando um *filtro*, por outro, a longo prazo, e por sua *identidade docente* se caracterizar também como a de uma professora especialista em ECFM, seu movimento contínuo de estudos sobre a ECFM sustenta a caracterização deste aspecto como um *amplificador*. Isto porque tal

⁶⁰ Como neste tópico o foco está na identificação, caracterização e análise das *affordances* da ECFM na história escolar, acadêmica e profissional de Lizi, optamos por não criar figuras representativas da manifestação de *CPD*, pautados no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019).

movimento pode resultar, por exemplo, em: (i) ampliação de sua visão sobre modelos, modelagem e ECFM; (ii) reconhecimento de práticas diferenciadas voltadas para a ECFM; e, por isso, (iii) ampliação de possibilidades de inovação relacionadas à ECFM. Tal interpretação advém de um olhar mais holístico para o que Lizi expressou verbalmente em alguns momentos e a partir de pistas contextuais apresentadas na sua prática docente (por exemplo, orientar a sua prática docente para a ECFM a partir de um modelo de modelagem relativamente mais atual).

Potencialidades gerais da promoção da ECFM na Educação Básica se destacaram principalmente em suas reflexões sobre como ela promove o ensino e como estudantes reagem a isto:

“Olha, potencialidades [da ECFM] eu vejo todas que eu citei: é ensinar o estudante a pensar; não dar uma resposta pronta; ele ter que integrar as ideias; saber analisar... É tanto aprender conteúdo como desenvolver várias habilidades *de e sobre* Ciências. É tudo junto! Então, vantagens eu vejo muitas.”

Ela também apontou limitações na promoção da ECFM, apresentando exemplos da sua prática docente que as justificam:

“As limitações que eu ainda vejo... Eu sempre falo isso com os meus estudantes de Graduação, inclusive. Não é chegar no primeiro dia de aula e dar uma atividade de modelagem e achar que vai ser sucesso, porque uma coisa é a influência do contexto. Por exemplo, no colégio eu trabalhava [com a ECFM] porque os estudantes tinham aquela dinâmica de trabalhar em grupo. [Eles] já estavam acostumados a fazer trabalhos investigativos. Claro! Eu sei que nem todas as turmas lá são assim. Outra limitação, eu acho que depende muito do cronograma e da flexibilidade que a gente tem de desenvolver o conteúdo com os estudantes. Então, se for uma escola mais tradicional, que você tenha uma coordenação que te exige cumprir naquele prazo, aquele conteúdo, é difícil, porque modelagem exige tempo. E é um tempo que vale a pena. É um tempo muito bem empregado. Mas eu acho que dá para contornar. Igual eu falei, é um processo do professor, ele tem que se habituar com aulas mais interativas preferencialmente dialógicas, propor atividades investigativas com os estudantes, por menor que sejam, e depois vai ampliando o grau de complexidade, colocando os estudantes para pensar, para responder] por quê. Então, isso tudo vai preparando o estudante para depois, a atividade de modelagem ser bem-sucedida e, é claro, as atividades também colaboram.”

A professora também fez declarações que nos permitiram elucidar *affordances* da ECFM (para ela) no contexto de Ensino Superior:

“No Ensino Superior, eu acho que... primeiro, eu trabalho na formação de professores. Então, eles têm que ter vivência. Eu acho estranho a pessoa se convencer de que [ECFM] é tão bom ou tão importante sendo que nunca passou por isso ou que nunca estudou isso a fundo. Porque, igual eu falei, eu não tinha passado por isso, eu não passei por isso, mas eu estudei muito a ponto de me convencer e vivenciei na prática enquanto professora. Agora eu

acho que, se eles [os licenciandos] vivenciam enquanto estudantes, depois fazem essa transposição para a prática docente, eu acho que isso é bem interessante, eles perceberem como eles aprenderam e eles se convencerem de como essas atividades têm potencial para o aprendizado dos estudantes. E isso é pensando na modelagem, em si. Agora, ensino sobre modelagem, é melhor ainda porque contempla também Natureza da Ciência, pois esse tipo de discussão flui espontaneamente nas atividades de modelagem.”

Sobre a elucidação de *CPD* nesse contexto reflexivo, destacamos *Conhecimentos pedagógicos* quando Lizi reconheceu estratégias de ensino gerais que podem ser, ou são, usadas para a ECFM, tais como (i) estimular o pensamento, raciocínio, criatividade, integração de ideias em estudantes; (ii) promover aprendizagem colaborativa em grupos; (iii) ter flexibilidade com os conteúdos para promover a ECFM; (v) não entregar respostas prontas aos estudantes; e (v) promover aulas “mais interativas, preferencialmente dialógicas, propor atividades investigativas [...] e depois ir ampliando o grau de complexidade, colocar os estudantes para pensar, para responder por quê”.

Conhecimentos dos estudantes evidenciados neste contexto, apresentam relações com os *Conhecimentos pedagógicos* que se manifestaram, visto que Lizi reconheceu que estudantes devem adquirir habilidades de raciocínio e práticas quando participam efetivamente dos processos na ECFM. Porém, seus *Conhecimentos dos estudantes* foram inicialmente adquiridos nas primeiras aplicações de atividades para a ECFM no colégio da universidade (como já caracterizado no contexto de manifestação de seus *CPD* durante o Mestrado). Naquele contexto, Lizi indicou que teve mais facilidade em promover a ECFM porque os estudantes tinham o hábito de trabalhar em grupos e já estavam acostumados com a participação em trabalhos investigativos. No contexto de Formação de Professores, Lizi destacou que licenciandos “têm que ter vivência” em contextos de ECFM para aprender sobre ela. Além disso, ela afirmou que sempre enfatiza para estudantes de Graduação que eles devem estar conscientes de que, possivelmente, não será da primeira vez que eles terão sucesso na promoção da ECFM vista a influência de vários fatores contextuais⁶¹. Por ser a maioria desses *CPD* mobilizados e reconhecidos em contextos de promoção de ECFM, consideramos que eles influenciam e integram significativamente seus *pPCK*.

⁶¹ Lizi destacou que o contexto em que estratégias para a ECFM são promovidas influencia na sua condução, mas não apresentou pistas que nos levassem a classificar tal declaração como *filtro* ou *amplificador*, visto que não foi possível avaliar se esse contexto restringia ou potencializava aspectos específicos dessas estratégias.

CK também foram evidenciados porque Lizi reconheceu que: (i) a promoção da ECFM depende de contextos educacionais em que ocorre; (ii) a promoção de ECFM exige tempo; e (iii) o uso de práticas de modelagem tem grande potencial porque, com elas, fluem espontaneamente discussões sobre NdC. Todos esses aspectos são abordados por Gilbert e Justi (2016) ao definir e caracterizar parte da ECFM.

Conhecimentos de currículo se destacaram quando Lizi afirmou que a promoção da ECFM depende dos cronogramas curriculares e da flexibilidade que professores devem ter para desenvolver conteúdo com os estudantes, visto que tal processo demanda tempo.

Filtros de destaque e expressos nessas reflexões são (i) o fato de estudantes geralmente não estarem acostumados a trabalhar em grupos; (ii) a necessidade de professores seguirem cronogramas e ter pouca flexibilidade para introduzir atividades para a ECFM em contextos regulares de ensino; e (iii) a demanda por tempo para promover a ECFM. Por outro lado, são fatores entendidos como *amplificadores*: (i) promover a ECFM em turmas de estudantes acostumados com trabalhos colaborativos e investigativos; (ii) reconhecer que o tempo para promover a ECFM é bem empregado; e (iii) acreditar ser possível contornar as limitações na promoção da ECFM.

Sujeitos que influenciaram nos contextos de promoção da ECFM que se destacaram foram estudantes (em geral, da Educação Básica e licenciandos), membros de seu GP e membros da coordenação de ambientes escolares em que lecionou.

Em resumo, para salientar as *affordances* da ECFM na Educação em Ciências na perspectiva da professora, identificamos potencialidades e limitações da ECFM explicitadas por ela tanto neste contexto em que elas eram o assunto discutido quanto em outros contextos reflexivos nos quais elas foram declaradas. Isto foi necessário porque, no que se refere às potencialidades, ela afirmou que “eu vejo todas que eu citei” sem descrevê-las novamente. Visando facilitar a compreensão das *affordances* da ECFM, na perspectiva de Lizi, produzimos o quadro 5.2, construído a partir da revisão de todas as suas declarações feitas durante a entrevista inicial geral.

Quadro 5.2 *Affordances* da ECFM em contextos de ensino e aprendizagem a partir da visão da professora

<i>Affordances</i> da ECFM	A ECFM é uma estratégia de ensino diferenciada que:
Potencialidades	<ul style="list-style-type: none"> - estimula o estudante a recorrer a algum conhecimento prévio, pensar, por exemplo, em situações-problema ou com ferramentas químicas, raciocinar; ser criativo, desenvolver o conhecimento químico de forma que faça sentido para ele, desenvolver uma série de habilidades, tais como investigativas, argumentativas, de raciocínio analógico e aprender sobre aspectos de NdC; - potencializa o desenvolvimento de pesquisa científica e habilidades investigativas relacionadas à prática científica no ensino; - permite ao professor ensinar: (i) conteúdos de Ciências; (ii) sobre Ciências; e (iii) sem dar respostas prontas; - torna a aula mais significativa quando debatida com outras pessoas; - exige do professor sair do modelo de ensino tradicional; - quanto mais praticada em sala de aula, mais contribui para capacitar professores a conduzi-la com sucesso; - é potencializada a partir do uso adequado de recursos educacionais, de representações e experimentação; e pode atender a diferentes contextos quando sequências de ensino são bem-selecionadas.
Limitações	<ul style="list-style-type: none"> - demanda do professor o rompimento com práticas de ensino tradicionais, tais como a de dar respostas certas a todas as questões dos estudantes; - demanda de atualização constante sobre a literatura que aborda estudos teóricos, relacionados à ECFM, visto que ela sempre se expande; - demanda de tempo para promovê-la; - demanda a aquisição de conhecimentos práticos porque aprende-se a conduzir as atividades conduzindo-as; - demanda a mobilização de conhecimentos sobre outras estratégias de ensino, por exemplo, pautadas na NdC e vivências práticas para se convencer da importância da ECFM; - depende de cronogramas curriculares e da flexibilidade de professores em ensinar conteúdos; - sofre influência significativa de contextos nos quais é promovida; - pode causar frustração a professores que a conduzam pela primeira vez esperando ter um (pleno) sucesso; - pode ser difícil para professores inexperientes conduzir os processos sem dar respostas prontas e estimular os estudantes a pensar; e - demanda que estudantes tenham o hábito de trabalhar em grupos e de se envolver em trabalhos investigativos.

Fonte: O autor.

Um aspecto interessante evidenciado pela análise geral deste quadro 5.2 é que a maioria das potencialidades explicitadas são relacionadas à aprendizagem de estudantes, enquanto as

limitações quase sempre se relacionam a aspectos da promoção da ECFM e de currículos que a orientam.

Outro aspecto interessante que emerge da comparação dos quadros 5.1 e 5.2 é o estabelecimento de relações consistentes entre as potencialidades da ECFM para a professora e a caracterização de *amplificadores* relacionados a ela, caracterizados a partir de suas reflexões; e as limitações dessa perspectiva de ensino e *filtros* em contextos de manifestação de seus *CPD sobre modelos e modelagem*. Em outras palavras, muitos dos *filtros* destacados nas declarações de Lizi se relacionam às *affordances* limitantes em contextos de ECFM. Em contrapartida, potencialidades da ECFM quase sempre eram expressadas quando algum *amplificador* influenciava na manifestação de seus *CPD sobre modelos e modelagem*. Isto é um indício de que *filtros* e *amplificadores* são influenciados por situações e contextos socioculturais (VIGOTKI, 1991), além de aspectos cognitivos de professores.

Tal como define Gibson (1986), se as *affordances* de algo são implicações sobre o modo como vemos as coisas, como chegamos até elas e o que fazemos, ou não, com elas, isto sugere que “a percepção visual que temos do ambiente serve ao comportamento e o comportamento é controlado pela nossa percepção” (GIBSON, 1986, p. 223). Isto ficou claro nesta pesquisa quando, por exemplo, o tempo em alguns momentos influenciava na ECFM tanto como um *filtro* (sobretudo, quando ele era um limitante das interações que se estabeleciam em salas de aula) quanto como um *amplificador* (porque, em determinadas situações, o tempo dispendido otimizava situações de produção de conhecimentos nas práticas em que os estudantes se envolviam). Assim: reflexões de Lizi sobre as *affordances* da ECFM na Educação em Ciências serviram a três propósitos principais: (i) elucidar seus *CPD* ao explicitar tais *affordances*; (ii) evidenciar as potencialidades e limitações da ECFM, a partir da perspectiva dessa professora especialista e experiente; e (iii) elucidar como a promoção da ECFM enfrenta tanto desafios quanto potencializa os processos de produção de conhecimentos.

5.2 CPD sobre Modelos e Modelagem da Professora na Promoção da ECFM no Curso Ofertado a Licenciandos na Residência Pedagógica

Neste tópico, investigamos os *CPD sobre modelos e modelagem* da professora, experiente e especialista em ECFM, que se manifestaram (e aspectos que influenciaram nessa manifestação) no contexto de promoção da ECFM no curso ofertado a licenciandos na RP. Salientamos que o foco principal neste tópico é investigar os *ePCK sobre modelos e modelagem*

dessa professora em situações de planejamento, ação e reflexão para a ECFM e como os outros *CPD* influenciam nessas situações.

Assim como ocorreu com os dados advindos da entrevista inicial com a professora (tópico 5.1), buscamos descompactar os aspectos de seus *CPD*, classificados a partir do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), considerando a natureza desses *CPD* e suas relações com outros domínios e tipos de conhecimentos.

Primeiramente, apresentamos uma macroanálise (MORTIMER *et al.*, 2007) da promoção da ECFM no curso ressaltando os seis encontros destinados a isso, almejando obter uma visão holística do contexto de promoção da ECFM. Para tanto, apresentamos uma análise geral da promoção da ECFM no curso e uma análise geral dos encontros do curso a partir de uma descrição geral dos episódios.

Em seguida, apresentamos a microanálise (MORTIMER *et al.*, 2007) pautada na investigação de manifestação de *CPD sobre modelos e modelagem* da professora em *eventos didáticos críticos* contidos em alguns episódios dos encontros do curso. Esse movimento está em consonância com o que Alonzo, Berry e Nilsson (2019) sugerem para buscar compreender a complexidade de situações da prática de sala de aula: a necessidade de caracterizá-las levando em conta a singularidade de cada uma dessas situações, além da natureza fundamentalmente espontânea das interações (na medida do possível) que se estabelecem entre os sujeitos nesses ambientes (como exemplo, ver Apêndice 2).

Assim como ocorreu no tópico 5.1, no qual apresentamos os resultados e discussões das análises sobre os *CPD* manifestados a partir de contextos didáticos críticos nas trajetórias escolares, acadêmicas e profissionais de Lizi, neste tópico, apresentamos e analisamos os eventos didáticos críticos separados dos contextos de análises gerais dos encontros. Contudo, apresentamos esses eventos após as análises gerais dos encontros para facilitar ao leitor revisitá-las, caso necessário.

Sobre estes eventos, quatro aspectos são apresentados, buscando uma sequência: (i) descrição do contexto específico da manifestação dos *CPD*; (ii) identificação dos *CPD* que se manifestaram; (iii) identificação e discussão dos fatores que influenciaram na manifestação de tais *CPD*; e (iv) representação dos *CPD* manifestados pela professora nos eventos, a partir de figuras inspiradas no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019).

A partir de tais análises, buscamos responder às seguintes questões de pesquisa desta Tese: “Como a professora manifesta *CPD* sobre modelos e modelagem no contexto de um curso de formação de professores de Química voltado para a ECFM?”; e “Quais fatores influenciaram

na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem na prática docente desenvolvida para a ECFM? Como isto ocorreu?”

5.2.1 Macroanálise dos CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados pela Professora no Curso para a Promoção da ECFM dos Licenciandos da RP

Como Lizi objetivava promover a ECFM de licenciandos da RP naquele curso, planejou uma sequência de atividades (manifestação de⁶² *ePCK_P*), a partir de sequências de ensino que tinha em seu banco de dados pessoal (*pPCK*) e já tinha utilizado anteriormente. Tal sequência de ensino é composta por um conjunto de atividades que tanto favorecem discutir abordagens e estratégias de ensino para uma Educação em Ciências numa perspectiva mais contemporânea quanto promover a aquisição de conhecimentos científicos por parte dos licenciandos. Como destacado por ela, os roteiros e planejamentos das atividades para a ECFM pautadas na modelagem foram elaborados por ela (*pPCK*) e/ou em colaboração com membros de seu GP (*cPCK*).

Suas intenções se refletiram na roteirização da sequência de ensino, para aquele novo contexto, a partir de como cada uma das estratégias (*Conhecimentos pedagógicos*), conteúdos e conceitos (*CK*) foram organizados (*Conhecimentos de currículo*), permitindo a discussão com os futuros professores de assuntos como Alfabetização Científica, NdC, Representações no Ensino de Química etc. relacionados a, ou que podem influenciar na ECFM (*CK*).

A partir de uma visão holística do desenvolvimento do curso para a ECFM, Lizi promoveu nos dois primeiros encontros situações de ensino nas quais seus objetivos principais eram apresentar aos estudantes a estrutura geral organizacional do curso (principalmente *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos de currículo*), aplicar um questionário para sondar os conhecimentos prévios dos licenciandos sobre modelos e modelagem (principalmente *Conhecimentos pedagógicos*, *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos de avaliação*), introduzir aspectos gerais relacionados à promoção da ECFM (principalmente *CK*) e discutir outros temas contemporâneos de ensino para a promoção da Educação em Ciências (tais como as baseadas em Alfabetização Científica; História da Ciência e NdC) (principalmente *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos de currículo*).

⁶² Relembramos que o termo *manifestação de* será omitido quando os conhecimentos forem identificados no futuro (principalmente quando apresentados em parênteses). Este termo só é usado quando é preciso destacá-lo no contexto de caracterização ou análise.

Entre o terceiro e o sexto encontro, as intenções de Lizi se direcionaram para a aplicação e discussão de estratégias de ensino voltadas especificamente para a ECFM, utilizadas e discutidas nas atividades de modelagem sobre o processo de produção de um chocolate aerado e sobre polímeros (*CK*, *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos de currículo*).

Em alguns momentos do curso foi possível evidenciar que, dentre as principais intenções de Lizi, se destacaram: (i) promover a aprendizagem *de* e *sobre* a ECFM (*CK*); (ii) discutir para além da ECFM, estratégias de ensino que tivessem confluências com a mesma (*CK*); (iii) oportunizar vivências na ECFM (*CK* e *Conhecimentos pedagógicos*); (iv) discutir essas vivências na perspectiva de ensino para a ECFM (*CK* e *Conhecimentos pedagógicos*); e (v) oferecer condições para que, futuramente, eles pudessem usar os conhecimentos adquiridos no curso quando atuassem como professores de Química.

Ao final do primeiro encontro, Lizi teceu considerações sobre como se organizou para estruturar o curso para a ECFM dos licenciandos da RP:

“Como eu não estou focando na análise do curso em si, eu vou suprimir bastante essa parte de escrita durante o curso, também muito em função do fator tempo, mas também em função do meu objetivo, que agora está diferente. O que eu mais vou mudar é daí pra frente. É pro futuro, a atividade que era a da [modelagem da] televisão eu vou trocar pela do *Suflair*... e vou incluir a sequência de modelagem científica e sociocientífica dos polímeros”.

Neste trecho, Lizi manifestou influências dos seus *pPCK* nos *ePCK_P* ao explicar como utilizou e modificou sequências e atividades de ensino para a ECFM aplicadas em contextos anteriores ao planejar e roteirizar a sequência de ensino para o curso na RP. Além disso, identificamos que, para desenvolver as atividades, os fatores tempo e intenções da professora se caracterizam como *filtros*, uma vez que influenciaram na limitação de aspectos do planejamento e roteirização do curso.

No contexto de promoção da ECFM, as práticas guiadas por Lizi refletiram como a roteirização da sequência contribuiu para discussões estrategicamente programadas sobre a ECFM e seus relacionamentos com outras abordagens e estratégias de ensino utilizadas no curso. Essa programação sofreu influências dos *CPD* adquiridos e ampliados pela professora desde contextos de aprendizagem no Mestrado (no qual aplicou as primeiras sequências de ensino para a ECFM) até aqueles dias (por exemplo, modificando e adaptando a sequência em uso antes dos encontros do curso da RP).

5.2.1.1 *Macroanálise dos CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados pela Professora no Primeiro Encontro e Microanálise dos Eventos Didáticos Críticos deste Encontro*

O quadro 5.3 apresenta o mapa de episódios do primeiro encontro.

Quadro 5.3 Mapa de episódios do primeiro encontro do curso. (continua)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
1	Apresentação de Lizi aos licenciandos e apresentação geral da organização do curso para a ECFM.	CK, Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; ePCK _P ; ePCK _T	Amplificador: uso de afeto como motivador para o envolvimento dos licenciandos.
2	Apresentação de objetivos gerais do curso em termos de ECFM.	pPCK; ePCK _T ; ePCK _P	-
3	Sondagem de experiências prévias dos licenciandos com a modelagem.	Conhecimentos dos estudantes; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	-
4	Aplicação do Questionário 1 e discussão com os licenciandos sobre seus objetivos com esta atividade	Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de avaliação; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Filtro: demora dos licenciandos para responder ao questionário. Amplificadores: a aplicação do Questionário 1 poderia auxiliar na caracterização das ideias prévias sobre modelos e modelagem dos licenciandos, além de influenciar na sequência do curso; a percepção da professora de que os licenciandos tinham conhecimentos prévios que potencializavam a promoção e bom andamento do curso; e o encurtamento de algumas atividades para discutir melhor outras seria vantajoso para o andamento do curso.
5	Distribuição da atividade relacionada à leitura de textos (“O que é ciência?” e “PISA e Alfabetização Científica”) e discussão das três questões da atividade.	-	-

Quadro 5.3 Mapa de episódios do primeiro encontro do curso. (continuação)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
6	Definição de modelos poderosos.	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; ePCK _P ; ePCK _T	-
7	Finalização do encontro.	-	Filtro: Não conseguir cumprir o planejamento.

Fonte: O autor.

Como mostrado no quadro 5.3, o primeiro encontro do curso promovido por Lizi se constituiu por sete episódios, sendo que em cinco deles foi identificada a manifestação de diversos *CPD* sobre modelos e modelagem. A professora promoveu estratégias de ensino para a ECFM dos licenciandos principalmente para apresentar informações gerais relacionadas à dinâmica geral do curso (por exemplo, indicando tipos de atividades e abordagens para o ensino que ela iria tratar); sondar conhecimentos prévios dos licenciandos sobre ECFM (por exemplo, aplicando o Questionário 1); e introduzir aspectos e conceitos mais gerais relacionados à ECFM naquele contexto (por exemplo, definindo modelos poderosos).

Neste encontro, ocorreu a manifestação dos *CPD* das Bases Gerais: *Conhecimentos dos estudantes*, em dois episódios distintos que se relacionavam à sondagem de conhecimentos prévios dos licenciandos; *Conhecimentos de currículo*, expressos pela professora em situações nas quais a organização curricular do curso ou de alguns encontros eram apresentadas aos licenciandos; e *CK* e *Conhecimentos pedagógicos*, no episódio no qual Lizi apresentou definições para modelos poderosos.

Em todos os episódios nos quais aspectos da ECFM foram abordados, Lizi mobilizou *ePCK_T*, o que é esperado e recorrente em quaisquer situações de promoção da ECFM. Além disso, os *ePCK_P* e *ePCK_R* foram mobilizados em quase todos os episódios em que menções à ECFM foram feitas. Neste cenário, também se destacaram mais *amplificadores* do que *filtros* influenciando na mobilização de *CPD*.

A descrição e a análise geral do quadro 5.3 representam bem o movimento de raciocínio pedagógico da professora, no qual se destacou uma abordagem superficial sobre aspectos da ECFM, algo esperado tendo em vista suas intenções e seus objetivos nesse contexto introdutório

do curso. A seguir, apresentamos as microanálises de três eventos didáticos críticos ocorridos no primeiro encontro.

5.2.1.1.1 Evento Didático Crítico 1 do Primeiro Encontro: Introdução e Explicação de Aspectos Organizacionais do Curso Voltados para a Promoção da ECFM

O *evento didático crítico 1* ocorreu logo no início do primeiro encontro, contexto no qual Lizi: (i) introduziu o curso para a ECFM e explicou para os licenciandos seus objetivos gerais com a promoção dele; (ii) sondou os conhecimentos prévios de alguns licenciandos *sobre* modelos e modelagem; e (iii) apresentou algumas de suas intenções gerais com o planejamento geral. Consideramos este evento como crítico porque foi o momento no qual Lizi apresentou aos licenciandos a estrutura curricular do curso, suas principais intenções ao planejá-lo e buscou fazer um reconhecimento sobre o contexto do mesmo.

Lizi identificou quais licenciandos do curso haviam sido seus estudantes na Licenciatura ou em programas de Iniciação à Docência da Universidade (por exemplo no Programa de Educação Tutorial (PET) ou no PIBID) e que haviam estudado com ela aspectos da ECFM. Lizi também sondou os licenciandos que não foram seus estudantes se eles tinham experiências de ensino pautadas na ECFM. Uma das licenciandas deste grupo relatou ter produzido um modelo para fluxo sanguíneo no Ensino Médio e um licenciando se referiu à uma experiência relacionada à construção de representações (sem dar maiores detalhes).

Com essa estratégia de reconhecimento e sondagem sobre experiências prévias de licenciandos, Lizi mobilizou *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos* e adquiriu *Conhecimentos dos estudantes*, tendo uma visão geral sobre o perfil da turma. Em seguida, ela deu *feedback* à turma sobre algumas experiências destacadas pelos licenciandos, planejando discuti-las futuramente:

“A gente vai voltar a discutir esses exemplos. Foi bom vocês terem falado isso, porque quando a gente estiver mais nessa parte de modelos, na parte de modelagem principalmente, a gente vai discutir as semelhanças e diferenças entre o que vocês fizerem com a estrutura de modelagem que a gente vai ver no curso. Aqui, a ideia é a gente introduzir mais atividades de modelagem. Então, a gente vai aprender um pouco sobre modelos, sobre o processo de modelagem e vivenciar atividades de modelagem”.

Assim, Lizi mobilizou *ePCK_T*, *ePCK_P* e *Conhecimentos de currículo* ao apresentar aos licenciandos algumas etapas importantes e seus principais objetivos com a oferta do curso. Em seguida, ela justificou a oferta do curso tendo como temática principal a ECFM:

“A Química é uma área, uma disciplina de modelos. Não se estuda Química sem ter modelos. Então, a gente parte desse princípio e a ideia é trabalhar como ocorre a construção de modelos e qual é a importância de o estudante aprender isso, como se constrói, o aprender a construir. Então, na primeira parte do curso a gente vai estudar a teoria de modelos e de modelagem, um pouco também de Natureza da Ciência. Depois, vai ter uma parte da gente fazer atividades de modelagem e criticar essas atividades aplicadas no ensino. E o ano que vem, quando vocês forem para as escolas, quem quiser vai poder, como recurso, aplicar atividades de ensino baseadas em modelagem. Claro que quem optar em fazer isso vai me fazer muito feliz e, assim, vai ter oportunidade de, na prática, desenvolver nas escolas esse trabalho com uma metodologia diferenciada.”

Nesta declaração, o apontamento de Lizi sobre o papel central de modelos na Química indicou a manifestação de *ePCK_T*, *CK* e *Conhecimentos de currículo* complementado pela menção do papel dos modelos no estudo dessa Ciência. Lizi também apresentou, superficialmente, a organização curricular do curso destacando aspectos de seu planejamento. Isso foi feito a partir da mobilização de *ePCK_T*, *ePCK_P* e *Conhecimentos de currículo*.

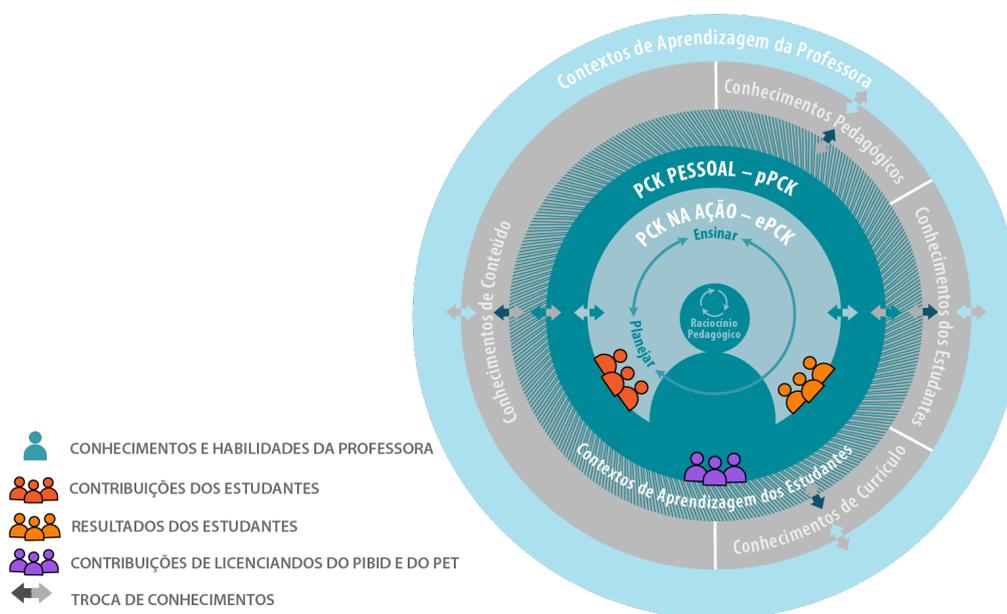
Esta caracterização de grupos de *CPD* de Lizi destaca influências mútuas entre eles. Entendemos que isso é coerente com a dinâmica planejada para o início do encontro porque seu contexto geral era introdutório e explicativo e que o foco dado à disciplina Química se relaciona ao contexto de atuação dos licenciandos.

Por último, identificamos neste evento didático crítico um *amplificador* relacionado a aspectos motivacionais de Lizi que influenciou no contexto de mobilização dos *CPD*. Ao comentar sobre a possibilidade de os licenciandos utilizarem os conhecimentos que iriam adquirir no curso para promover o ensino na perspectiva da ECFM, no futuro, Lizi destacou que ficaria satisfeita caso eles fizessem tal opção e que isto significaria uma oportunidade de eles vivenciarem tais conhecimentos na prática.

Han e Kim (2018) afirmam que aspectos motivacionais relacionados a emoções (ou negligenciamento das mesmas) têm reflexos na motivação e interesse de estudantes envolvidos em práticas epistêmicas, haja vista que suas emoções podem ter um grande impacto na tomada de decisão relacionada à sua participação nessas práticas. Ao explicitar que ficaria feliz caso os licenciandos utilizassem os conhecimentos sobre modelos e modelagem adquiridos no curso para promover a ECFM dos seus estudantes, Lizi expressou uma categoria de emoção experimentada em práticas científicas do tipo “aspectos afetivos das interações acadêmicas” (JABER; HAMMER, 2016). Diante disso, interpretamos que esse *amplificador* se constituiu a partir da construção de um afeto epistêmico (HAN; KIM, 2018) entre o que Lizi almejava que os licenciandos fizessem e suas tomadas de decisão futuras, como professores de Química.

Na figura 5.17 estão representados os *CPD* manifestados na prática de Lizi no contexto deste evento didático crítico 1.

Figura 5.17 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 1 do primeiro encontro



Fonte: O autor.

5.2.1.1.2 Evento didático crítico 2 do Primeiro Encontro: Contexto Inicial de Sondagem dos Conhecimentos Prévios dos Licenciandos sobre ECFM

O *evento didático crítico 2* se refere ao importante contexto de sondagem de conhecimentos prévios mais específicos de cada licenciando no início do curso. Para isso, Lizi aplicou o Questionário 1, atividade central do primeiro encontro, discutiu com os licenciandos sobre seus objetivos ao aplicá-lo e, ao final do encontro, refletiu sobre ele.

No momento da aplicação desse questionário, Lizi não mencionou os objetivos da atividade, ela apenas informou aos licenciandos que eles deveriam respondê-lo. Somente após os questionários terem sido respondidos é que Lizi explicou como aquela atividade iria influenciar no andamento do curso:

“É muito importante que suas ideias prévias sobre modelos e modelagem estejam bem caracterizadas, até para o planejamento do segundo encontro. Então, tudo que vocês escreveram aí (e o pessoal que já foi meu estudante sabe que eu leio com todo respeito), acabo introduzindo no planejamento, faço questões depois das ideias de vocês. Então, essa é a ideia desse questionário.”

O primeiro ponto de destaque foi a mobilização de *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos* para explicar aos licenciandos sobre os objetivos dessa atividade. O segundo ponto foi a mobilização de *Conhecimentos dos estudantes*, *Conhecimentos pedagógicos* e *ePCK_T*, ao mesmo tempo em que adquiriu *Conhecimentos dos estudantes*, o que caracterizou a estratégia de ensino de sondar os conhecimentos prévios dos licenciandos (sobre alguns tópicos importantes para o curso⁶³). O terceiro ponto é o reconhecimento de Lizi, para a turma, de como a aplicação do Questionário 1 poderia impactar nos planejamentos dos próximos encontros (*ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos*). No contexto de formação de professores, isto pode ter sido uma maneira de evidenciar a importância da aplicação desse tipo de atividade com a finalidade de sondar conhecimentos prévios de estudantes (BIGOT; ROUET, 2007), algo comum na prática de professores de Ciências.

Sobre os *ePCK*, eles se manifestaram a partir de todas as ações de Lizi nas quais modelos e modelagem eram assuntos recorrentes, caracterizando a mobilização de *ePCK_T*. Além deles, *ePCK_P* foram mobilizados, por exemplo, quando ela expressou aspectos de seu planejamento afirmando que iria ler as respostas (“com todo respeito”) e usar os *Conhecimentos dos estudantes* que iria adquirir com essa leitura nos planejamentos futuros.

Durante a entrevista pós-primeiro encontro, Lizi declarou ter ficado surpresa com a dinâmica da realização da atividade pelos licenciandos:

“Eu me surpreendi porque eles gastaram acho que duas horas e dez minutos fazendo essa atividade. Então, fugiu completamente do programa e do que eu queria discutir. Eu planejei uma hora e meia para aplicação dessa atividade, que foi mais ou menos o tempo que o pessoal gastou quando eu apliquei esse questionário no PIBID.”

Lizi mobilizou *ePCK_R* e *ePCK_P* ao refletir sobre o planejamento do tempo de aplicação do questionário e sobre o tempo real utilizado pelos licenciandos para respondê-lo. Nessa situação, ficou evidente que a reflexão gerada ocorreu a partir da comparação entre o uso do questionário em um contexto passado (*pPCK*) e o contexto presente. Foi a partir disso que ela chegou à conclusão de que os licenciandos da RP demoraram muito tempo para realizar a atividade.

Durante o intervalo de uma semana entre o primeiro e o segundo encontros, Lizi estudou as respostas dos licenciandos ao Questionário 1. No início da entrevista pré-segundo encontro,

⁶³ Analisando o Questionário 1, observamos que havia perguntas sobre conhecimentos científicos, NdC e, principalmente, sobre modelos e modelagem.

ela afirmou que pretendia “encurtar” a sequência de ensino para a ECFM em função da qualidade e consistência dos conhecimentos prévios apresentadas pelos licenciandos em suas respostas. Isto indicou que refletir ($ePCK_R$) sobre a obtenção de *Conhecimentos dos estudantes* a partir das respostas dadas por eles influenciou seus $ePCK_P$ e $ePCK_T$. Além disso, ela expressou suas percepções sobre aspectos gerais das respostas:

“Eu considerei as respostas que eles deram bem satisfatórias, aquelas dos que já foram meus estudantes e eu até me surpreendi um pouco com as respostas daqueles que nunca tiveram contato com as disciplinas que eu ministro. Me surpreendi positivamente. Então, eu acho que é uma turminha bacana e se eu fizer esse encurtamento [na sequência], eu pensei bem, eu acho que não vai ter prejuízo para eles não.”

Esta declaração de Lizi evidenciou principalmente a mobilização de $ePCK_R$, visto o caráter reflexivo de todo este fragmento do discurso indicou: uma avaliação das respostas (bem satisfatórias) dadas pelos licenciandos (*Conhecimentos de avaliação*) a partir do que eles apresentaram de conhecimentos (*Conhecimentos dos estudantes*) e do que ela sabia que parte deles conhecia e vivenciaram em outros contextos de atividades (ministradas por ela) para a ECFM ($pPCK$). Isso contribuiu para Lizi informar e moldar seu planejamento ($ePCK_P$), o que teve reflexo por exemplo, na exclusão de algumas atividades e em mudanças nas estratégias adotadas para aplicar outras (*Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos de currículo*).

Na análise de aspectos que influenciaram na manifestação de *CPD* da professora, destacam-se: (i) o *filtro* relacionado ao tempo que os licenciandos dedicaram para responder ao questionário (por ter excedido o planejado) e que teve o aval da professora por permitir que eles respondessem no tempo deles, sem pressioná-los; (ii) um *amplificador*, a partir da avaliação de Lizi de que conseguiu uma boa caracterização das ideias prévias dos licenciandos com a aplicação do questionário; e (iii) um segundo *amplificador*, a consideração de que encurtar algumas atividades para discutir melhor outras seria vantajoso para a promoção da ECFM naquele contexto.

Salientamos que, mesmo tendo ocorrido a manifestação de $ePCK$ dos três tipos ($ePCK_P$, $ePCK_T$ e $ePCK_R$) neste evento, não foi possível caracterizar ciclos de raciocínio pedagógico completos (CARLSON; DAEHLER, 2019), visto que esses $ePCK$ se referiam a diferentes situações de manifestação de *PCK na ação*. Contudo, foi interessante destacar as influências mútuas entre *Conhecimentos pedagógicos*, *Conhecimentos de estudantes* e *Conhecimentos de avaliação* junto aos $pPCK$ que resultaram na mobilização de $ePCK$ específicos. Por exemplo, as manifestações dos $ePCK$, principalmente aqueles que se relacionaram a situações inéditas

(como na espera para que os licenciandos respondessem ao questionário e na avaliação das respostas) serviram como experiências para que Lizi ampliasse seus *pPCK*. Isto fez sentido quando ela afirmou usar algumas experiências que adquiriu (*pPCK*) para moldar suas ações futuras nos outros encontros.

Outro aspecto interessante foi a influência, mesmo que indireta, de outros estudantes (licenciandos do PIBID), além dos próprios licenciandos do curso vigente, neste evento. Isso nos leva a concluir que a influência de sujeitos fora do contexto de atuação na perspectiva do presente, e que fazem parte dos *pPCK* da professora, é contextual, ou seja, mesmo tendo participado de práticas do passado, sujeitos podem influenciar em práticas presentes (do ponto de vista dos *ePCK_T*) e futuras (do ponto de vista dos *ePCK_P*).

Além disso, destacamos dois contextos distintos nos quais Lizi refletiu sobre a mesma atividade: um logo após o encontro e o outro após uma semana da realização da atividade. Por isso, entendemos que os *ePCK_R* não necessariamente se vinculam ao momento da ação, ou seja, que eles não se vinculam diretamente ao contexto, como ocorre com os *ePCK_T*, podendo, como ocorreu neste caso, ser mobilizados após as ações. Contudo, entendemos que quanto mais próximo às ações eles se manifestarem, mais detalhados e fidedignos às ações eles devem ser por poderem ser mais facilmente reconhecidos pelos sujeitos.

A aplicação do questionário evidenciou uma importante estratégia de ensino para promover condições para que os licenciandos expressassem seus conhecimentos prévios sobre modelos e modelagem de modo mais detalhado do que o ocorrido na sondagem inicial (descrita no evento didático crítico 1). Isso a fez refletir sobre como ensinar em encontros futuros, inclusive modificando seu planejamento inicial para otimizar o processo de ensino.

Shulman (1986) afirma que professores devem ter importantes posturas para facilitar a compreensão de estudantes sobre determinados assuntos ou conteúdos dentre as quais se destacam: (i) ser estratégico sobre o que e como ensinar; (ii) estudar e conhecer o assunto ou conteúdo a ser ensinado; (iii) conceituar várias maneiras de representá-lo; e em seguida (iv) desenvolver ou modificar materiais instrucionais para potencializar a aprendizagem de estudantes. Nessa mesma linha de raciocínio, Carpendale e Hume (2019) destacam que, na promoção de estratégias de ensino para adquirir Conhecimentos dos estudantes, um professor de Ciências pode: (i) reconhecer conhecimentos prévios deles e utilizá-los como ponto de partida no ensino fazendo uso desse reconhecimento para orientar o planejamento e a instrução; (ii) conhecer suas concepções alternativas; e (iii) propor atividades orientadas para ampliar sua compreensão.

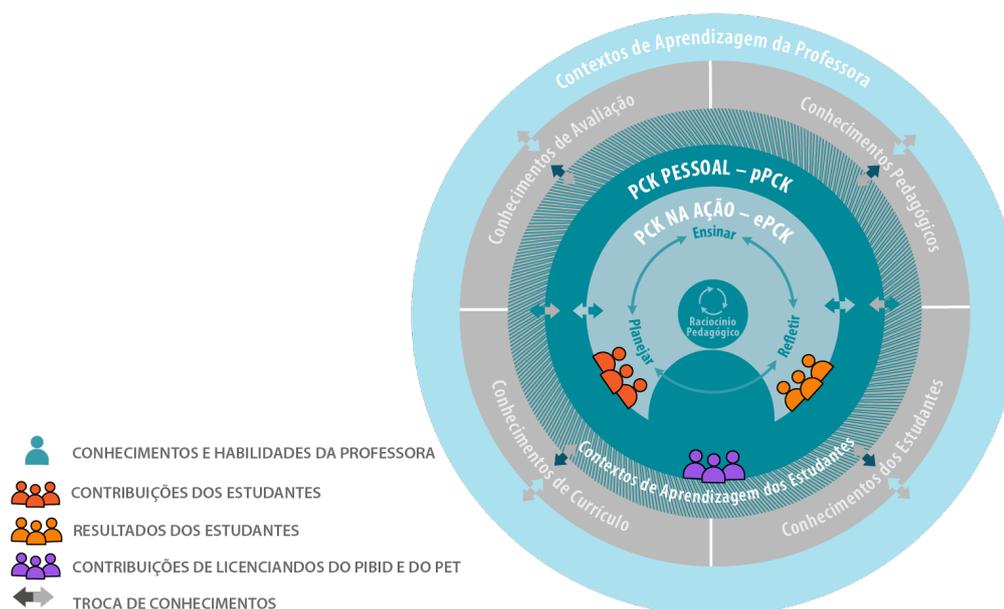
No contexto da ECFM, Justi (2009) reconhece a importância de promover estratégias para evidenciar conhecimentos prévios de estudantes porque elas podem contribuir para auxiliar professores a perceber e expor possíveis incoerências entre o que se sabe (sobre modelos e modelagem) e o que se faz (com modelos e na modelagem).

Nesse sentido, Alonzo, Berry Nilsson (2019) afirmam que, quando um professor de Ciências mobiliza estratégias de ensino apropriadas para alguma situação intencionada, ele pode reconhecer evidências de o que estudantes pensam, ou refletir sobre resultados adquiridos a partir dessa mobilização. Para isso, segundo essas autoras, esse professor acessa seus *pPCK* para mobilizar seus *ePCK* e vice-versa.

Apesar de concordarmos com essas autoras, os resultados da análise deste evento nos informam que, além de acessar os *pPCK* para mobilizar *ePCK* (a partir de influências mútuas tal como as autoras afirmam), no contexto específico de aplicação e discussão do Questionário 1, Lizi adquiriu e mobilizou *CPD sobre modelos e modelagem*, ultrapassando as barreiras dos *PCK*, ou seja, mobilizou *CPD* das Bases Gerais (por exemplo, *Conhecimentos pedagógicos e Conhecimentos dos estudantes*) em conjunto aos *ePCK* e *pPCK*. Isto também sugere que as influências dos *CPD*, no ato de ensinar em sala de aula, são mais dinâmicas do que as sugeridas por Alonzo, Berry e Nilsson (2019).

Diante dessas observações, consideramos que, além de novos *ePCK* de Lizi poderem ser incorporados aos seus *pPCK*, seus *CPD* das Bases Gerais manifestados também podem incorporar tais *pPCK* operando em ambas as direções, como ficou evidente neste contexto analítico. Na figura 5.18, destacamos os *CPD sobre modelos e modelagem* manifestados na prática de Lizi neste evento didático crítico.

Figura 5.18 Caracterização de CPD da professora no contexto do evento didático crítico 2 do primeiro encontro



Fonte: O autor.

5.2.1.1.3 Evento Didático Crítico 3 do Primeiro Encontro: Primeira Definição Dada por Lizi para Modelos

O *evento didático crítico 3* ocorreu no episódio 6 (Definição de modelos poderosos, quadro 5.3), no qual Lizi apresentou aos licenciandos a primeira definição para modelos, motivo pelo qual o consideramos *crítico*. Após uma discussão sobre características do Ensino de Química com foco em aspectos estruturais curriculares da Química na Educação Básica, Lizi se referiu a modelos:

“Tem um texto que vocês ainda verão comigo que fala de modelos poderosos. O que são modelos poderosos?”

Lizi ouviu as respostas dos licenciandos. Retomando a fala, usando parcialmente partes de algumas definições dadas por alguns licenciandos, ela apresentou a definição para modelos poderosos e exemplos desse tipo de modelos na Química:

“Modelos poderosos são modelos que servem mesmo de base. A partir deles, você desenvolve uma série de conhecimentos químicos. Um dos modelos que eu posso citar é o modelo cinético-molecular. Lembram daquela representação que a gente usa bolinhas?... [Estados] Sólido, líquido e gasoso? O modelo é mais do que isso. A partir daquilo ali, a gente consegue pensar em movimentação, por exemplo, dispersão de um sólido em um líquido durante o processo de solubilização. Então, um modelo desse que a gente considera em termos básicos, ele vai estruturar diversos outros conhecimentos [...] a gente

recorre a ele para pensar... Por que, se eu coloco dois sólidos juntos eles não reagem, mas se eu coloco em solução ocorre reação? Tem tudo a ver com o modelo cinético. Tem uma reação deste tipo que vocês fizeram pelo menos dez vezes no curso de vocês até hoje que usa esse conhecimento.”

Neste fragmento, Lizi começa definindo modelos poderosos mobilizando *ePCK_T* e *CK*. Ela apresenta uma definição simples de modelos, pautada no uso de modelos no ensino e na natureza desses modelos para expressar conhecimentos de conteúdos curriculares específicos de modo mais acessível, concreto e compreensível (NIELSEN; NIELSEN, 2019).

Em seguida, Lizi afirma que modelos poderosos são modelos curriculares relativamente simples (*CK*), exemplificando com o modelo cinético-molecular (*Conhecimentos pedagógicos*), porém, destacando que eles auxiliam para além de suas características representativas, uma vez que ajudam a pensar, visualizar e estruturar outros conhecimentos (*CK*). Isto merece destaque porque indica que a visão de Lizi sobre modelos está mais pautada na visão de modelos como artefatos epistêmicos (KNUUTTILA, 2005) do que na visão de modelos como representações parciais da realidade (MORRISON; MORGAN, 1999).

Ao final do trecho discursivo, Lizi lembrou aos licenciandos experiências que eles já tiveram no curso de Licenciatura em Química (*Conhecimentos pedagógicos*) nas quais já utilizaram o modelo cinético-molecular (*Conhecimentos dos estudantes*), o que pode ter dado sustentação à compreensão deles sobre modelos poderosos.

Esse tipo de estratégia é conhecido na literatura em Educação em Ciências como estabelecimento de relações pedagógicas, definidas como estratégias de ensino para orientar a prática docente que estão relacionadas às maneiras pelas quais professores fazem conexões entre ideias e conceitos. Para isto, tais conexões devem objetivar e ser fundamentais para a construção de significados em salas de aula (SCOTT; MORTIMER; AMETLLER, 2011). A estratégia de Lizi de relacionar práticas dos licenciandos com modelos e com a definição de modelos poderosos se apresentou como a promoção de uma relação pedagógica de continuidade (de passado) (SCOTT; MORTIMER; AMETLLER, 2011). Oliveira e Quadros (2020) interpretam esse tipo de relação pedagógica como conexões de situações ou eventos separados por um espaço de tempo que objetivam a “construção cumulativa do conhecimento”⁶⁴

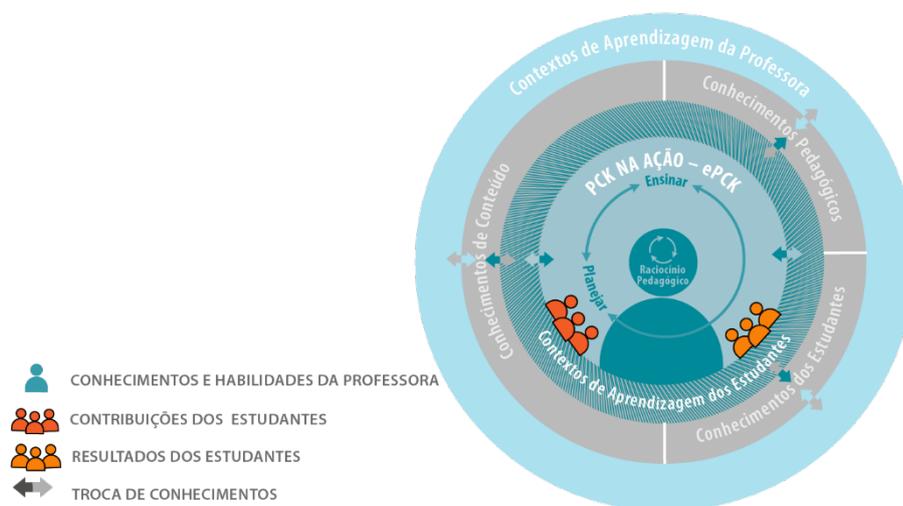
⁶⁴ Maton (2013) explica a construção cumulativa de conhecimentos contrapondo-a às características da construção de conhecimentos segmentada. Segundo este autor, o conhecimento segmentado é desfragmentado de outros conhecimentos e se encontra fortemente ligado ao seu contexto, sendo significativo somente nele. Por sua vez, o conhecimento cumulativo é aquele que é construído progressivamente, vinculado a outros conhecimentos e desvinculado de contextos específicos. Maton

(MATON, 2013, p. 8). Tais conexões se relacionam a conhecimentos adquiridos em disciplinas (currículo não segmentado) e à pedagogia por ser uma estratégia útil por estabelecer relacionamentos entre períodos ou níveis de escolaridade diferentes. Scott, Mortimer e Ametller (2011) explicam que relações pedagógicas desse tipo contribuem também para encorajar estudantes no envolvimento emocional nas práticas.

Lizi também mobilizou *ePCK_P* quando indicou aos licenciandos aspectos de seu planejamento ao elucidar atividades (textos) que seriam estudados futuramente no curso e que abordavam modelos poderosos. Assim, outra relação pedagógica de continuidade (desta vez de futuro) foi gerada por ela ao estabelecer relações sobre o que eles aprendiam no contexto deste evento do encontro e alguma situação que ocorreria em um dos outros encontros futuros.

A partir dessas interpretações, elaboramos a figura 5.19, na qual representamos os *CPD* manifestados na prática de Lizi durante este evento do primeiro encontro.

Figura 5.19 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 3 do primeiro encontro



Fonte: O autor.

também afirma que o ensino é promovido muitas vezes de maneira segmentada, focado em disciplinas e conteúdos que não necessariamente exercem influência uns nos outros em termos de confluência de conhecimentos, o que implica numa visão de ensino como acúmulo de conteúdos (MATON, 2013).

5.2.1.2 Macroanálise dos CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados pela Professora no Segundo Encontro

Neste subtópico, apresentamos uma análise geral de como estratégias e atividades para a ECFM dos licenciandos foram utilizadas e aplicadas por Lizi no segundo encontro do curso. Para isso, apresentamos o mapa de episódios desse encontro (quadro 5.4).

Quadro 5.4 Mapa de episódios do segundo encontro do curso

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
1	Manejo de classe.	-	-
2	Discussão sobre Alfabetização Científica.	-	-
3	Discussão sobre tipos de conhecimento (epistemológico e procedimental).	-	-
4	Discussão sobre pensamento crítico na Ciência.	CK; Conhecimentos dos estudantes; ePCK _T	-
5	Discussão sobre visões comuns sobre cientistas.	-	-
6	Discussão sobre a História da Ciência como forma de contextualização no ensino de Ciências.	-	-
7	Discussões sobre a importância da Química na Educação Básica e tipos de conhecimentos que devem ser ensinados nesse contexto.	-	-
8	Discussão sobre criticidade e desenvolvimento de habilidades no ensino de Química.	-	-
9	Discussão sobre o significado de Tecnologia e sua abordagem no ensino de Química.	-	-
10	Aplicação e discussão da atividade 3 (Guardachuvologia).	-	-
11	Sondagem e caracterização de o que os licenciandos pensam que é Ciência.	-	-

Fonte: O autor.

O quadro 5.4 mostra que o encontro se organizou em 11 episódios nos quais Lizi abordou assuntos diversos que não se caracterizavam propriamente como relacionados à

ECFM. Contudo, no contexto amplo do curso, não consideramos que este encontro foi menos relevante do que os outros porque as temáticas abordadas e as atividades realizadas são importantes quando lembramos de afirmações que ela fez no contexto da entrevista inicial (subtópico 5.1.3) sobre as potencialidades de se discutir diversos temas e conteúdos no contexto da ECFM. Assim, este encontro evidenciou uma de suas estratégias gerais que nos parece muito interessante: a de não tratar a ECFM de modo desfragmentado de outros contextos e isolada de outras abordagens e estratégias de ensino o que, numa perspectiva holística sobre o encontro, foi um cenário em potencial para a manifestação de *Conhecimentos pedagógicos*.

Nesse cenário, Lizi organizou atividades para favorecer a ocorrência de discussões sobre diversos temas associados à Educação Científica, tais como: (i) alfabetização científica; (ii) tipos de conhecimentos (com foco nos epistemológicos e procedimentais); (iii) pensamento crítico; (iv) visões frequentes entre de estudantes da Educação Básica sobre cientistas; (v) História da Ciência como forma de contextualização no ensino de Ciências; (vi) importância do ensino de Química na formação de estudantes; (vii) criticidade e o desenvolvimento de habilidades de estudantes; e (viii) Tecnologia e sua abordagem no ensino de Química.

Além disso, a aplicação e discussão da atividade 3 (episódio 10 no quadro 5.4) permitiu à Lizi promover a discussão de vários desses assuntos e aspectos pedagógicos a eles relacionados. Diante disso, entendemos que Lizi organizou essas estratégias de ensino e discussões com maestria. Entendemos que tanto a roteirização de atividades e estratégias de ensino para o segundo encontro quanto com a efetivação desse planejamento favoreceram à Lizi oportunizar situações particularmente pertinentes para o desenvolvimento e construção cumulativa do conhecimento (MATON, 2013), importantes na ECFM.

Somente no episódio 4 (Discussão sobre pensamento crítico na Ciência) deste encontro foram manifestados *CPD*. Contudo, comparado a outros eventos este se mostrou menos significativo (ou seja, não se caracterizou como crítico). Por isso, não há descrição de eventos didáticos críticos relacionados ao segundo encontro.

5.2.1.3 *Macroanálise dos CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados pela Professora no Terceiro Encontro e Microanálise dos Eventos Didáticos Críticos deste Encontro*

Na entrevista pré-terceiro encontro, Lizi expressou suas intenções e perspectivas gerais sobre como pretendia promover estratégias de ensino relacionadas especificamente à ECFM a partir do que foi planejado. Isto evidenciou a mobilização de *ePCK_P* relacionados ao

planejamento do encontro numa perspectiva mais ampla, porém demonstrando foco em uma das atividades programadas:

“A minha ideia é a gente discutir aspectos gerais de modelos. Eu vou partir também do pressuposto de que a gente já discutiu o básico sobre o que é um modelo, por exemplo que tem limitação. Então, essa é a ideia. Hoje eu pretendo cumprir tudo isso porque, na verdade, [o tempo] está bem conciso. Mas depende muito do tempo que eles vão ter para discutir o modelo [do *Suflair*] e discutir entre os grupos os modelos que eles propuserem.”

Lizi expressou aspectos de seus *ePCK_P* ao buscar abordar a ECFM no encontro a partir de experiências anteriores, mobilizando *pPCK* específicos àquele contexto do curso no qual discutiu aspectos básicos sobre modelos. *CK* de Lizi se manifestaram nessa situação quando ela considerou já ter abordado aspectos relacionados a modelos citando, por exemplo, que eles têm limitações⁶⁵.

No quadro 5.5, apresentamos a organização dos episódios do terceiro encontro.

Quadro 5.5 Mapa de episódios do terceiro encontro do curso. (continua)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
1	Retomada de alguns assuntos discutidos no encontro anterior (tais como significado de Ciência e visões comuns sobre cientistas).	-	-
2	Discussão sobre questões consideradas científicas ou não (Atividade Extraclasse derivada da atividade 3).	-	-
3	Apresentação e discussão do caso histórico: Prêmio Nobel, Daniel Shechtman e os quasicristais.	CK; <i>pPCK</i> ; <i>ePCK_T</i>	-

⁶⁵ Além da explicitação de *CK* afirmando que modelos têm limitações, Lizi havia manifestado *CK* no curso ao definir modelos poderosos (evento didático crítico 3 do Primeiro Encontro) e que é preciso reconhecer que modelos também são passíveis de modificação e adaptação.

Quadro 5.5 Mapa de episódios do terceiro encontro do curso. (continuação)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
4	Discussão de tipos de representação de plantas de casa.	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de currículo; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Filtro: Reduziu as atividades de escrita e projetou a atividade das representações para que os licenciandos não perdessem tempo escrevendo.
5	Discussão sobre utilização de modelos curriculares no ensino de Química.	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de currículo; ePCK _T ; ePCK _R	-
6	Aplicação da atividade de modelagem do <i>Suflair</i> .	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos dos estudantes; cPCK; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Expectativas sobre possíveis modelos que os licenciandos poderiam propor.
7	Elaboração, pelos licenciandos, de modelos para a produção do chocolate <i>Suflair</i> .	CK; Conhecimentos pedagógicos; ePCK _P ; ePCK _T	-
8	Apresentação, comunicação e discussão dos modelos elaborados pelos licenciandos.	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos de avaliação; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Filtros: não ter familiaridade com o grupo de licenciandos; e ter receio de exaltar diferenças entre eles quando na abordagem de temas polêmicos ou situações conflitantes. Amplificador: Não ter retomado uma animosidade entre os licenciandos. Crença: Não abordar temas polêmicos ou retomar situações conflitantes para não influenciar negativamente nos processos de ensino e aprendizagem. Identidade docente: ser uma professora que se pauta em uma abordagem de ensino construtivista.

Fonte: O autor.

O terceiro encontro se definiu a partir de uma mudança de foco estratégico de Lizi com relação aos dois encontros anteriores. Até então, ela havia proposto e conduzido atividades no sentido geral de: apresentar aos licenciandos a organização do curso para a ECFM; introduzir aspectos do curso (ambos mais proeminentes no primeiro encontro); e discutir assuntos relevantes ao contexto de Educação em Ciências, com foco no ensino de Química (proeminente no segundo encontro). Neste terceiro encontro (constituído por oito episódios, quadro 5.5), Lizi retomou assuntos tratados no encontro anterior (episódios 1 e 2), promoveu atividades que se relacionavam a modelos e modelagem (episódios 3 e 4); abordou o tema modelos de modo explícito (episódios 5); e aplicou uma atividade de modelagem relacionada ao processo de produção do chocolate *Suflair* (episódios 6, 7 e 8).

A partir da descrição geral do mapa de episódios apresentada no quadro 5.5, observamos a manifestação de uma gama de *CPD* durante a promoção da ECFM a partir do episódio 3. Ela mobilizou todos os *CPD* das Bases Gerais (*CK*; *Conhecimentos pedagógicos*; *Conhecimentos de currículo*, *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos de avaliação*), mesmo que em situações diferentes, isolados e em conjunto com *ePCK_T*, ou manifestados em conjuntos maiores de *CPD*, incluindo a manifestação de *cPCK*, *pPCK*, e os outros *ePCK* em variações bastante interessantes (comentadas na sequência). Isso está coerente com suas intenções gerais com a oferta do curso: de que os licenciandos vivenciassem atividades para a ECFM (na perspectiva do ensino funcional) e aprendessem *sobre* a ECFM (em ambas as perspectivas do ensino: declarativo e funcional).

Na entrevista pós-terceiro encontro, Lizi fez uma avaliação geral reflexiva sobre o desenvolvimento dos processos pautados nas atividades para a ECFM desse encontro.

“Não saiu do que foi planejado. Hoje, eu acho que foi bem dentro da minha expectativa, baseada na experiência que eu já tive com essas atividades. Então, não teve muita novidade em nenhuma discussão.”

Essa reflexão de Lizi (*ePCK_R*) se pautou na relação entre o desenvolvimento das atividades e o tempo planejado e usado para isso. Lizi afirmou que o tempo não influenciou negativamente nem positivamente para o desenvolvimento do encontro, indicando que ela refletia sobre tempo planejado (*ePCK_P*), *pPCK* (outras experiências) e *Conhecimentos de Currículo* (por conhecer a organização das atividades). Por isso, ela concluiu que todo o encontro ocorreu de acordo com suas expectativas quando refletiu sobre suas ações, ações dos licenciandos e o planejamento elaborado, que contava com diversas situações para a promoção da ECFM (quadro 5.5).

A relação de Lizi com o tempo utilizado para a promoção da ECFM é algo que se destaca com frequência nesta Tese. A partir de seu ponto de vista, por vezes o tempo é caracterizado como *filtro*, por outras, como *amplificador*. Nesta situação em específico (terceiro encontro) foi interessante observar que o fator tempo não tinha características nem de *amplificador* nem de *filtro*, ou seja, o tempo não influenciou de nenhuma maneira a mobilização de seus CPD. O que Lizi expressou foi que o tempo foi bem aproveitado. Nessa situação e nas situações futuras que são semelhantes em termos de uso de tempo, avaliamos como Lizi percebeu o tempo que levou para conduzir as atividades para a ECFM e, quando possível, comparamos com como ela programou as atividades ou conduziu os encontros. Isto reforça a ideia de que, na ECFM, *filtros* e *amplificadores* também são dinâmicos. Por isso, a classificação do tempo depende dos resultados do encontro, conhecidos somente ao final de cada um deles.

A nosso ver, o tempo é um aspecto inerente a quaisquer práticas de ensino e aprendizagem que pode influenciar na performance docente. Portanto, ele pode ser caracterizado como um *filtro* ou *amplificador* dependendo do contexto em que é analisado. Assim, ele é situado, uma vez que pode ser caracterizado a partir da perspectiva de um professor (no caso do ensino); e depende de diversos fatores, como o professor conduz as atividades e como estudantes se envolvem nelas.

Diferentemente do segundo encontro (quadro 5.4), este terceiro encontro apresentou uma diversidade de eventos didáticos críticos interessantes e ricos em manifestação de CPD na prática de Lizi (quadro 5.5). Contudo, houve necessidade de selecionar alguns deles, novamente, buscando situações importantes e determinantes para o desenvolvimento do curso para a ECFM, apresentados a seguir.

5.2.1.3.1 Evento Didático Crítico 1 do Terceiro Encontro: Discussão sobre Representações e suas Relações com a ECFM

O *evento didático crítico 1* do terceiro encontro ocorreu no episódio “Discussão de tipos de representação de plantas de casa” no qual Lizi aplicou uma atividade envolvendo diferentes representações de uma mesma casa e discutiu esses recursos na ECFM. Este evento foi considerado crítico porque nele Lizi reconheceu o importante papel das representações na modelagem (ver subtópico 5.1.2.2.2) e deixando evidente que abordá-las no curso era algo importante.

Algumas de suas intenções com esta atividade, bem como estratégias para aplicá-la, foram expressas na entrevista pré-terceiro encontro:

“E aí, eu vou usar o exemplo [da atividade] das plantas de casas. Isto não está no planejamento [geral], mas eu planejei recentemente. Eu coloquei na projeção porque era uma atividade que acompanhava a Atividade dos Polímeros⁶⁶ para eles não perderem tempo escrevendo porque é só pra ter uma ideia geral, de limitação, da possibilidade de representar vários modelos para uma mesma coisa. Porque a potencialidade dos modelos é diferente e, logo em seguida, eu vou começar uma atividade de modelagem, que é uma modelagem cotidiana, a modelagem do *Suflair*.”

Mobilizando $ePCK_P$, Lizi explicou superficialmente como havia planejado a aplicação desta atividade, além de como planejou usar as imagens para discutir a importância de representações na ECFM, o que ressaltou *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos de currículo*. Ela também manifestou *Conhecimentos pedagógicos* ao afirmar que preferiu projetar a atividade na tela de projeção, ao invés de entregá-la impressa aos licenciandos para que eles não perdessem tempo escrevendo.

Ao final da entrevista pré-terceiro encontro, Lizi refletiu sobre esta atividade e afirmou que, com ela, intencionava “discutir aspectos gerais de modelos” naquele encontro, o que explicitou $ePCK_P$, $ePCK_R$ (refletindo sobre o planejamento e pretendendo discutir posteriormente aspectos gerais de modelos) e $pPCK$ (visto que, a partir da experiência anterior de aplicação da atividade, ela previu o tempo que ganharia projetando a atividade na tela).

Isso evidenciou que, mesmo tendo planejado as atividades do curso, durante seu desenvolvimento, Lizi sentiu a necessidade de alterar o planejamento inicial de modo a incluir a atividade sobre representações para discutir sua importância na ECFM. Para ela, essa atividade poderia favorecer discussões de limitações e potencialidades de diferentes modelos, quando criados para a mesma entidade (naquele caso, uma casa). Esta alteração nos lembra o contexto de aprendizagem de Lizi no qual ela reconheceu a importância de ter adquirido conhecimentos sobre representações e suas relações com a ECFM (subtópicos 5.1.2.2.2 e 5.1.4.2) a partir de trabalhos colaborativos, principalmente com sua então orientadora e uma amiga pesquisadora do seu GP. Entendemos que aqueles conhecimentos sobre representações na ECFM (CK) adquiridos no passado ($pPCK$), em um contexto colaborativo de construção de CPD ($cPCK$) influenciaram no planejamento da atividade ($ePCK_P$) e sua aplicação no curso da RP ($ePCK_T$).

⁶⁶ Esta menção de Lizi advém da consideração do roteiro principal da sequência de atividades de modelagem sobre polímeros desenvolvida no seu GP, que teve sua participação ativa e que também havia sido aplicada a estudantes da Educação Básica no ano anterior ao curso (2017).

No contexto de aplicação e discussão da atividade em sala de aula (*ePCK_T*), Lizi projetou as imagens de plantas de casa considerando que elas representavam uma casa que hipoteticamente seria construída e vendida. Em seguida, ela discutiu com os licenciandos algumas características representacionais das imagens e como elas poderiam facilitar a visualização de um possível comprador e solicitou que eles identificassem limitações e potencialidades de cada uma das representações. Essa situação – simular uma situação real para discutir aspectos pedagógicos – indicou a mobilização de *Conhecimentos dos estudantes* em situações de ensino na formação de professores, criando situações hipotéticas que permitem a construção de pensamentos e reformulação de ideias sobre algo que é importante no contexto instrucional.

Discorrendo sobre os objetivos da atividade, Lizi mobilizou *ePCK_P* e *ePCK_T* ao explicitar relações entre eles e as representações:

“Pessoal, o objetivo de trazer essas plantas é a gente pensar, na verdade, cada uma dessas plantas são modelos, não é? Eles estão representando a casa. A ideia é a gente pensar ‘será que eu posso ter modelos diferentes para a mesma coisa?’”

Entendemos que, naquele contexto de formação de professores, isto era importante, assim como a explicação de como aquela atividade se relacionava a aspectos da ECFM.

No discurso que se seguiu, os licenciandos responderam afirmativamente à pergunta de Lizi e ela seguiu perguntando: “Por quê? Qual é o objetivo de eu ter modelos diferentes para a mesma coisa?”. Essas perguntas refletiram *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos* relacionados à promoção de uma discussão sobre modelos diferentes para a mesma entidade a partir de pontos de vistas dos licenciandos.

Uma licencianda respondeu que o objetivo era oportunizar a visualização de diferentes aspectos da mesma identidade, pois aquelas representações evidenciavam aspectos diferentes da casa. Outra licencianda destacou aspectos que eram particulares de cada representação (por exemplo, a presença ou disposição de móveis). A partir das falas das licenciandas, Lizi teceu considerações sobre possíveis utilidades daqueles modelos:

“Os três modelos de casa, ajudam a pensar, planejar, tomar decisões. Quando a gente tem modelos diferentes para a mesma coisa, esses modelos podem se complementar ou podem ir um além do outro. E aí, eu pergunto para vocês: dos três modelos que eu apresentei de casa... qual deles é o melhor?”

Alguns licenciandos deram suas opiniões. A maioria deles comparou diferentes aspectos das imagens e considerou uma delas como a mais abrangente. A partir disso, Lizi finalizou o

evento didático crítico afirmando que: “Então, vejam! Não dá para responder qual modelo é o melhor”.

Nesses dois últimos trechos destacados, Lizi não se referiu mais às imagens de plantas da casa como representações ou figuras, mas como modelos, o que dá mais sustentação às nossas interpretações sobre a intencionalidade da professora. Isto ocorreu a partir da mobilização de $ePCK_T$ para expressar aspectos de seus CK e seus $pPCK$ ao apresentar potencialidades daqueles “três modelos”, ou seja, artefatos para o pensamento, planejamento e tomada de decisões, e ao destacar que eles se complementavam mutuamente.

Lizi generalizou essas ideias e as relacionou às Ciências:

“E nas Ciências, muitas vezes, é assim! A gente precisa de um modelo que seja adequado àquela situação, que responda a uma determinada questão. Em outras situações, já vai ter modelos que são mais pertinentes, que são mais coerentes. Às vezes, inclusive, eu preciso de um modelo mais simplificado, às vezes eu quero um modelo mais elaborado. Depende do que eu estou trabalhando.”

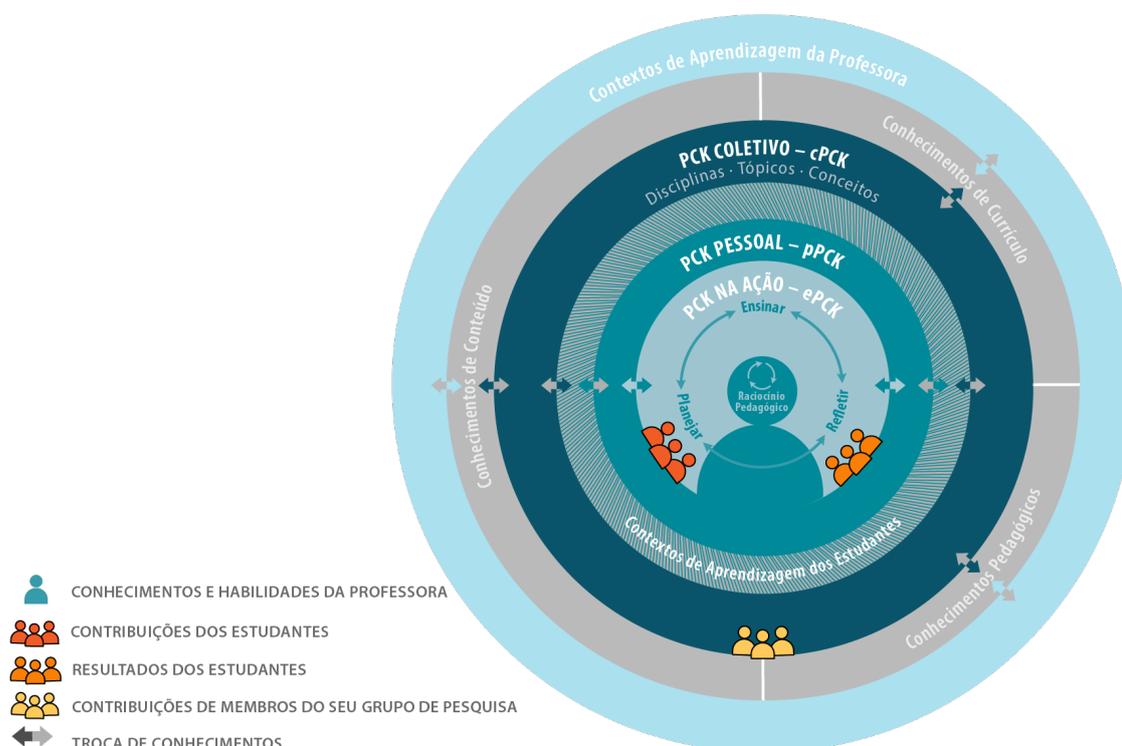
Neste último trecho, destacam-se a mobilização de $ePCK_T$ e CK , pois Lizi apresentou sua visão de uso de modelos nas Ciências e de limitações e possibilidades inerentes deles.

Neste evento didático crítico, foi importante perceber como Lizi reconheceu aspectos das *affordances* (GIBSON, 1986) dos modelos frente às situações, ou seja, que suas limitações e potencialidades dependem de fatores contextuais situados e específicos. Entendemos que isso era algo importante a ser destacado porque poderia haver, entre os licenciandos, a ideia de que modelos mais elaborados ou com mais detalhes sempre serão melhores ou mais abrangentes do que aqueles mais simples. Assim, um importante aspecto dos CK se sobressaiu a partir de uma discussão relevante e pautada em exemplos práticos, como o das plantas de casas que serviam cada uma a um propósito.

Finalmente, neste evento se destacam como fatores que influenciaram na manifestação dos CPD sobre *modelos e modelagem* de Lizi: um *amplificador*, relacionado à sua estratégia de deixar textos, imagens e atividade projetados enquanto ensinava para que os licenciandos não perdessem tempo escrevendo; e um *filtro*, relacionado ao tempo, uma vez que tal estratégia limitou a possibilidade de os licenciandos realizarem algumas ações, por exemplo, de registro de suas ideias a partir da escrita de suas respostas para a atividade.

A figura 5.20 representa os CPD de Lizi que se manifestaram neste evento crítico.

Figura 5.20 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 1 do terceiro encontro



Fonte: O autor.

5.2.1.3.2 Evento Didático Crítico 2 do Terceiro Encontro: Realização da Atividade de Modelagem do Chocolate Suflair

O episódio 6 (quadro 5.5) contempla o *evento didático crítico 2* que se relaciona a como Lizi orientou os licenciandos para a realização da primeira atividade de modelagem do curso: a que envolvia a modelagem do processo de produção do chocolate *Suflair*. Consideramos este evento crítico por ser o primeiro momento em que Lizi promoveu a orientação aos licenciandos sobre a atividade de modelagem e por ter sido o ponto de partida norteador para todos os processos que eles vivenciaram na sequência desta atividade, em grupos e com toda a turma (principalmente na comunicação dos modelos).

Durante a entrevista pré-terceiro encontro, Lizi explicou aspectos de seu planejamento e objetivos desta atividade:

“O objetivo é eles entenderem como é necessário integrar as evidências, reconhecer o uso de alguns conhecimentos prévios deles e como eles vão integrar isso na hora de propor modelos para como o chocolate é feito.”

Nesta fala, Lizi mobilizou *ePCK_P* ao explicitar genericamente a organização da sequência e sua aplicação futura. *Conhecimentos de currículo* e *CK* também foram mobilizados, respectivamente, a partir da indicação de sequências de ações que os licenciandos iriam realizar e ao destacar que, na modelagem, é preciso integrar conhecimentos prévios e evidências (GILBERT; JUSTI, 2016), elementos requeridos no roteiro da atividade. Lizi também afirmou ter trabalhado com a mesma atividade de modelagem do *Suflair* em outros contextos, o que explicitou *pPCK* consistentes sobre ela:

“Eu já trabalhei com estudantes em sala de aula, não com esses [licenciandos]! Em alguns minicursos, uns três ou quatro, eu já usei essas atividades”.

Lembramos que detalhes sobre uma dessas aplicações foram declarados por Lizi ao explicar a primeira vez que promoveu a ECFM a partir dessa atividade de modelagem em um minicurso que ministrou em uma universidade do Espírito Santo (tópico 5.1.4.2). Então, Lizi tinha experiências com o planejamento e aplicação da sequência a partir de experiências anteriores (*pPCK*) que iriam influenciar no planejamento (*ePCK_P*) e aplicação (*ePCK_T*) no curso para licenciandos da RP.

Em seguida, Lizi explicou o grau de relevância da atividade de modelagem do *Suflair* para o terceiro encontro: “A atividade mais central de hoje é essa!”. Situar a atividade de modelagem como central no encontro explicitou *ePCK_P* porque este era seu planejamento, o que também imbricou na manifestação de *Conhecimentos de currículo*. Suas expectativas sobre os modelos que poderiam surgir também foram destacadas:

“Já tenho expectativas de alguns modelos que eu acredito que vão surgir porque são modelos recorrentes. Por exemplo, o uso de emulsificante, o uso da clara de ovo misturada no chocolate, recorrendo ao conhecimento que eles têm de culinária, deve aparecer... Tem também a questão do aerar, bater o chocolate. A questão de ter escrito *Suflair*, vir com o carimbo depois e colocar, ou fazer uma casquinha com aquilo e aí depois preencher. Então, eu já tenho várias ideias do que estudantes responderam antes [em outras aplicações]. Eu já tive casos também de alguém propor colocar uma substância, tipo efervescente... Ou o uso de fermento para causar bolhas ali... Então, a minha expectativa é que eles usem ideias assim. E o meu objetivo é mostrar para eles como eles partem do que reconhecerem, como nesse processo eles usam a observação das evidências e vão integrando isso com os conhecimentos prévios deles, propondo modelos que sejam coerentes com o que eles estão vendo.”

Prever o surgimento de possíveis modelos indicou a mobilização de: (i) *ePCK_R*, por resultar de reflexões sobre situações anteriores de aplicação da atividade; (ii) *ePCK_P*, por esperar o surgimento de modelos recorrentes, planejar que eles utilizassem seus conhecimentos

prévios e evidências a partir da observação, e que integrassem seus conhecimentos na proposição de modelos coerentes; (iii) *pPCK*, porque suas expectativas e previsões naquele momento se basearam em experiências anteriores; (iv) *Conhecimentos de currículo*, quando o planejamento refletiu uma organização sequencial de estratégias e ações que poderiam ser promovidas na aplicação da atividade; (v) *Conhecimentos dos estudantes*, porque os modelos esperados foram propostos por estudantes em outros contextos de aplicação da atividade; (vi) *Conhecimentos pedagógicos*, pelo fato de prever ações dos licenciandos quando se envolvessem com a prática e por indicar estratégias de ensino que usaria (por exemplo, promovendo situações para que eles integrassem seus conhecimentos prévios a evidências experimentais para propor os modelos); e (vii) *CK*, a partir de sua expressão de processos fundamentais da modelagem na ECFM, tais como uso e reconhecimento de conhecimentos prévios alinhados com a observação de evidências na elaboração de modelos, assim como sugerido no DMM v2 (GILBERT; JUSTI, 2016). Salientando esses *CK*, Lizi demonstrou conhecer como a modelagem deve ser conduzida em salas de aula e compartilhou esses conhecimentos com os licenciandos.

Esses *CPD* de Lizi se manifestaram de forma inter-relacionada e dinâmica, caracterizando suas revisões acerca do que esperar com a aplicação da atividade no curso, possivelmente, dando-lhe mais segurança sobre como conduzi-la. Além disso, ficou mais evidente que Lizi estava revisitando seus *pPCK*, o que possibilitou que ela fizesse previsões assertivas, como é possível verificar em alguns eventos didáticos críticos seguintes, relacionados à realização dessa atividade.

Finalizando suas considerações no contexto de entrevista pré-terceiro encontro, Lizi explicou como pretendia organizar a turma e suas expectativas relacionadas ao tempo para a realização daquela atividade:

“Eu vou dividi-los em grupos para que um grupo debata com o outro a coerência dos modelos, até mesmo para suscitar um processo argumentativo em cima da modelagem. Hoje, eu pretendo cumprir tudo isso porque, na verdade, está bem conciso. Mas depende muito do tempo que eles vão ter para discutir o modelo e discutir entre os grupos os modelos que eles propuserem.”

Lizi mobilizou *ePCK_P* e *Conhecimentos pedagógicos* ao planejar dividir os licenciandos em grupos para realizar a atividade de modelagem, estratégia de ensino sugerida e comumente usada para a aplicação deste tipo de atividade em sala de aula (GILBERT; JUSTI, 2016). Com essa divisão, Lizi esperava suscitar um processo argumentativo no contexto da ECFM, o que indicou a mobilização de *Conhecimentos pedagógicos* e *CK*. Lizi refletiu (*ePCK_R*) sobre o

planejamento do uso do tempo ($ePCK_P$) pensando em como os licenciandos poderiam se envolver na elaboração dos modelos, assim como para discutir entre eles e entre os grupos.

Gilbert e Justi (2016) apontam a argumentação como processo inerente à modelagem. Isto já foi objeto de estudo em situações de ECFM para alguns pesquisadores (por exemplo, BOTTCHEER; MEISERT, 2011; MENDONÇA; JUSTI, 2011; NÚÑEZ-OVIEDO; CLEMENT; REA-RAMIREZ, 2008; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008a). Percebendo uma situação em potencial para promover um processo argumentativo, Lizi se mobilizou e se preparou para isso, ressaltando suas intenções no planejamento.

No início da aplicação da atividade (quadro 5.5, episódio 6), Lizi organizou os licenciandos e explicou como seria a dinâmica da atividade:

“Agora, a gente vai fazer uma atividadezinha... vamos pensar aqui... três grupos, quatro grupos, do jeito que vocês preferirem. Podem ser organizar aí, eu vou dar uma atividade para vocês. Sem papel sem ter que escrever, olha que coisa boa! Vocês vão realmente precisar se juntar para discutir.”

A ação de organizar os licenciandos em grupos ($ePCK_T$) refletiu aspectos de seus $ePCK_P$ e *Conhecimentos pedagógicos* para a aplicação da atividade de modelagem, assim como a opção por desenvolvê-la sem que eles tivessem que anotar. Após a organização de três grupos, Lizi distribuiu para cada um deles uma barra de chocolate *Suflair* e explicou:

“Vocês já repararam nesses chocolates aerados? Então, o fato de ser chocolate aerado é proposital, ok? E, por mais que a gente pesquise, já têm anos que nosso Grupo de Pesquisa trabalha com essa ideia, com essa atividade... E já teve gente do nosso Grupo de Pesquisa que escreveu pra Nestlé, que pesquisou. A gente não acha como é a produção. Inclusive, têm várias imitações do *Suflair*, mas que não são idênticas! O *Suflair* tem esse segredo de mercado mesmo, de produção.”

Neste trecho, identificamos as ações de Lizi ($ePCK_T$) de: (i) disponibilizar barras de chocolate para os licenciandos; (ii) explicar que a escolha pelo chocolate aerado era proposital; (iii) apontar algumas características gerais da entidade a ser modelada; (iv) afirmar que tanto ela quanto membros do seu GP já haviam pesquisado sobre o processo de produção desse chocolate; e (v) salientar que esse processo é um “segredo de mercado” e que eles teriam que propor qual seria esse segredo, buscando motivá-los. Com essas ações, ela mobilizou *Conhecimentos pedagógicos*, tornando acessível aos licenciandos a entidade a ser modelada (GILBERT; JUSTI, 2016) e buscando instigá-los a um envolvimento emocional (propor a identificação de um segredo) (HAN; KIM, 2018).

Além disso, Lizi explicou que fez pesquisas individuais (*pPCK*) e em colaboração com membros de seu GP (*cPCK*) buscando informações sobre o processo de produção do chocolate (entidade a ser modelada). Entendemos que *Conhecimentos de currículo* também se manifestaram a partir da seleção de materiais adequados para a atividade, tais como as barras de chocolate disponibilizadas aos grupos para que eles efetivamente observassem evidências que pudessem ajudá-los na produção de modelos.

Neste contexto, as estratégias escolhidas por Lizi vão ao encontro do que propõem Gilbert e Justi (2016) sobre a importância de professores de Ciências guiarem estudantes, por exemplo, na *criação* de protomodelos, uma etapa da modelagem. Segundo esses autores,

O ponto de partida para o envolvimento de estudantes nas atividades de modelagem é o entendimento dos objetivos do modelo a ser produzido (ou, pelo menos, um entendimento parcial inicial). Isso significa que eles devem entender as perguntas que procurarão responder. Depois disso, as primeiras atividades devem envolvê-los em experiências com a entidade a ser modelada (GILBERT; JUSTI, 2016, p. 68).

Além disso, Gilbert e Justi (2016) destacam que etapas importantes da *criação* de protomodelos envolvem selecionar e organizar as informações disponíveis, tendo em mente os objetivos do modelo; usar raciocínio analógico ou uma ferramenta matemática para fundamentar o protomodelo; e integrar informações e experiências anteriores nesta etapa. Eles salientam que, caso a entidade a ser modelada seja abstrata (algo frequente no ensino de Química), a *criação* também exige que os estudantes lidem com os propósitos da visualização – outra prática científica essencial que pode fazer parte da modelagem. No caso da atividade de modelagem do chocolate, a visualização adquire importância especial, pois a entidade a ser modelada pode ser considerada abstrata visto que se refere ao processo de produção do chocolate (e não ao chocolate em si, apesar de características dele ajudarem a pensar sobre seu processo de produção).

As ações de Lizi que se seguiram foram realizadas no intuito de orientar os licenciandos na modelagem do *Suflair*:

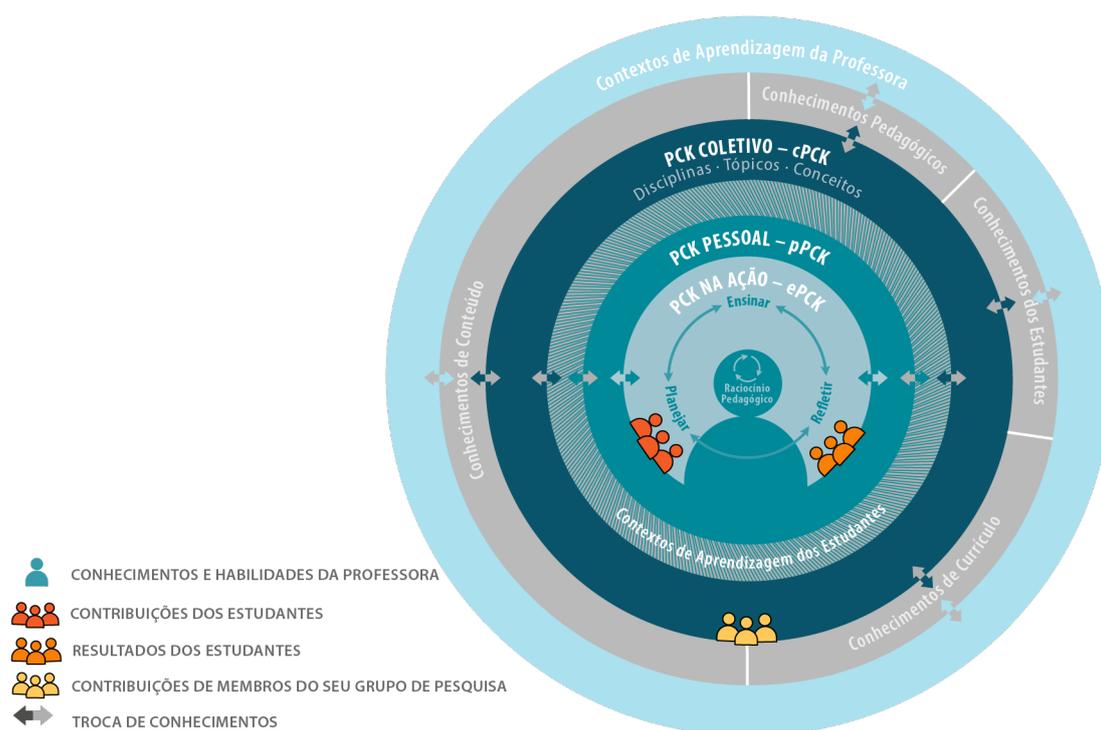
“Então, a ideia dessa atividade é vocês, a partir do chocolate... inclusive, podem comer, comer à vontade, faz parte do experimento. Mas vocês vão observar, vão analisar o chocolate, vocês vão ter um contato com o objeto a ser modelado, quer dizer... vocês vão pensar... A atividade é a seguinte: Vocês vão bolar um modelo para o processo de produção do *Suflair*. Então, eu falei modelar o chocolate, mas o que eu quero saber é como ele é produzido para chegar nesse ponto. Essa é a atividade, tá claro? Então, eu quero que vocês peguem o chocolate e expliquem cada detalhezinho dele, o que teve nesse

processo de produção até chegar nesse ponto aí... o fato de ter bolhinha, enfim, tudo! Pensem no processo de produção do chocolate, tranquilo?"

Neste trecho, os $ePCK_T$ de Lizi se manifestaram em conjunto com *Conhecimentos pedagógicos*, a partir da estratégia de orientar os estudantes sobre o desenvolvimento da atividade, indicando que morder o chocolate fazia parte do experimento e explicitando o que deveria ser modelado (o processo de produção e não o chocolate em si). Foi interessante a sugestão de Lizi para que os licenciandos comessem o chocolate, uma vez que um detalhe importante do processo de produção que precisaria ser explicado era exatamente a aeração, visível ao se analisar a parte interna da barra. Por isso, ela enfatizou que mordê-lo fazia parte do experimento (e era até determinante).

A figura 5.21 representa os *CPD* que foram mobilizados por Lizi neste evento didático crítico.

Figura 5.21 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 2 do terceiro encontro



Fonte: O autor.

Assim como ocorreu nas reflexões prévias de Lizi ($ePCK_R$) sobre o fator tempo relacionado ao terceiro encontro como um todo, neste evento didático crítico, ela ficou na expectativa de como o tempo seria usado pelos licenciandos para discutir os modelos elaborados entre eles (nos grupos) e entre os grupos. Novamente, salientamos que este fator só

pode ser caracterizado a partir do tempo real demandado no contexto da aplicação da atividade que, neste caso, era dependente de como os licenciandos dinamizariam o processo. Lizi preferiu aguardar os resultados da aplicação da atividade para avaliar qual seria a influência do tempo naquele futuro contexto.

5.2.1.3.3 Evento Didático Crítico 3 do Terceiro Encontro: Comunicação dos Modelos Elaborados pelos Licenciandos para o Processo de Produção do Chocolate Suflair

Este *evento didático crítico* é demarcado pela apresentação dos modelos elaborados pelos licenciandos, que caracterizou o episódio 8. Este foi um evento crítico porque foi o primeiro cenário de comunicação dos modelos elaborados pelos licenciandos e no qual uma diversidade de *CPD* foram manifestados por Lizi ao conduzir o processo.

Naquele momento do encontro, Lizi se sentou em uma carteira junto aos licenciandos e solicitou que um dos grupos apresentasse seu modelo. Enquanto o primeiro grupo se organizava para apresentar, ela acordou com eles sobre a dinâmica daquele processo de comunicação:

“Vamos combinar o seguinte. Pessoal, eles vão apresentar e, logo em seguida, vocês [ouvintes] vão fazer questões. Porque, qual é a ideia também? A ideia deles pode ser a mais convincente, mas vocês podem fazer um trabalho também de tirar a convicção dessa ideia, dependendo das questões que vocês fizerem. Se vocês mostrarem que o modelo deles não está tão bom... o de vocês pode parecer até ser melhor, né? Para gente deixar a atividade mais interessante, competitiva, eu já tinha falado que vocês têm que convencer o outro grupo de que o modelo de vocês é o melhor, tá? Então, não é só apresentar uma ideia. A ideia tem que ser a melhor daqui ok?”

Em sequência, Lizi informou aos licenciandos que iria premiar o modelo mais abrangente e que conseguisse explicar o processo com mais detalhes e plausibilidade.

Neste início de evento didático crítico, observamos que Lizi mobilizou *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos* ao organizar os licenciandos para a apresentação de seus modelos, explicar como seria a dinâmica do processo e conduzi-lo. Uma manifestação de *Conhecimentos pedagógicos* que emergiu a partir de uma ação (*ePCK_T*) foi o fato de Lizi se sentar junto aos licenciandos ouvintes para assistir às apresentações dos grupos. Ao direcionar os licenciandos para uma organização da dinâmica do processo de comunicação dos modelos, Lizi mobilizou também *Conhecimentos de currículo*.

Na apresentação do modelo dos licenciandos do primeiro grupo, eles desenharam no quadro uma representação do chocolate (forma) e disseram ter pensado: que haveria um grande recipiente no qual o chocolate seria processado; que o chocolate ficaria girando enquanto uma

máquina liberaria bolhas; e que poderia ser adicionado à massa algum agente químico para liberar bolhas de gás carbônico. Logo em seguida, eles descartaram esta última ideia porque acreditavam que o gás alteraria o sabor do chocolate e químicos analíticos já teriam descoberto esse processo. Então, eles partiram para uma explicação mais pautada em conceitos físicos: o segredo poderia estar na fôrma que a fábrica utilizava para armazenar o chocolate; agulhas de injeção de ar estariam conectadas a essas fôrmas que injetariam ar no material; o chocolate depositado na fôrma estaria em alta temperatura; o chocolate seria prensado (após certo tempo) por uma prensa aquecida para dar o formato da superfície; e uma lâmina seria passada por ele para uniformizá-lo de modo que só as bolhas mais profundas apareceriam.

Finalizada a apresentação do grupo, Lizi conduziu o processo de discussão com a turma sobre o modelo apresentado. Primeiramente, ela perguntou aos outros licenciandos se eles tinham perguntas a fazer ao grupo sobre o modelo apresentado. Alguns licenciandos fizeram perguntas curtas e simples, que o grupo respondeu sucintamente.

Então, Lizi iniciou um debate com o grupo focando no que eles haviam afirmado sobre a injeção de bolhas na massa do chocolate. Nesse debate, ela fez algumas perguntas visando: (i) entender melhor como o gás seria injetado no momento do derretimento; (ii) como as agulhas estariam distribuídas nas fôrmas; e (iii) o porquê de não se ver furinhos na superfície do chocolate (que seriam causados pela injeção de agulhas). A partir das explicações dos licenciandos do grupo, Lizi expressou seu ponto de vista:

“É interessante isso! Isso é especial do *Suflair*. Se a gente pega a outra marca, que é o *Bubbly*, a casca é bem grossa, bem compacta.”

Entretanto, parecendo perceber que estava dominando o processo discursivo, Lizi chamou a atenção dos outros licenciandos ouvintes: “Gente, mais questões? Desse jeito eles vão ganhar”. A partir dessa chamada, alguns deles questionaram mais aspectos do modelo apresentado.

De um modo geral, Lizi mobilizou *ePCK_T* no sentido de descobrir ou clarear ideias e pontos de vistas do grupo que elaborou o modelo. *Conhecimentos pedagógicos* deram suporte à estratégia de perguntar sobre aspectos daquele modelo e fomentar a participação dos outros licenciandos nas discussões sobre ele.

Em seguida, Lizi solicitou ao segundo e ao terceiro grupos que apresentassem seus modelos à turma, oportunizando processos de comunicação semelhantes aos ocorridos durante a apresentação do primeiro grupo. A única variação se relacionou às perguntas feitas aos dois

outros grupos (*ePCK_T*), aos aspectos dos modelos elaborados e das explicações dadas pelos licenciandos, todos focados nas particularidades de seus respectivos modelos.

Ao perceber que o encontro estava terminando, Lizi indicou os próximos passos referentes à atividade de modelagem que eles vivenciaram:

“Pessoal, bacana os três modelos. A gente vai discutir bem isso aí e eu vou fazer um apanhado de cada um dos modelos [...]. E eu vou fazer o seguinte, como hoje não vai dar tempo de chegar em um consenso sobre o melhor modelo, na semana seguinte a gente discute.”

Com este comentário Lizi mobilizou *ePCK_T* e *Conhecimentos de avaliação*, avaliando, mesmo que superficialmente, os modelos apresentados pelos três grupos; e *ePCK_T* e *ePCK_P*, apontando aspectos do seu planejamento para o próximo encontro. Entendemos que essa situação de mobilização de *ePCK_T* é comum ao final de aulas, momento em que professores dão pistas aos estudantes sobre o que está por vir na sequência de desenvolvimento de atividades que, por algum motivo, não tiveram finalização. Isso também destaca uma relação pedagógica de continuidade “macro” (de futuro) (SCOTT; MORTIMER; AMETLLER, 2011).

Os dados que se seguem na análise deste evento se referem ao contexto de entrevista pós-terceiro encontro. Lizi já havia apresentado reflexões sobre o terceiro encontro como um todo ao afirmar que, em geral, tudo havia ocorrido dentro de suas expectativas. Contudo, parecendo refletir melhor, ela fez algumas ressalvas sobre o processo de comunicação na modelagem que os licenciandos vivenciaram:

“A novidade... eu percebi que dessa vez houve mais envolvimento dos estudantes e, principalmente, mais questionamento dos outros grupos, em relação aos modelos que outro grupo elaborou. Eu achei isso bem interessante. Em geral, os estudantes criticam, questionam, mas dessa vez, eu achei o pessoal mais envolvido, entusiasmado e até enfático em alguns momentos.”

Ao refletir sobre o processo de comunicação dos modelos elaborados pelos licenciandos (prática central deste evento) e compará-lo com experiências anteriores nas quais seus estudantes se envolveram na comunicação de modelos, Lizi mobilizou *ePCK_R*, *pPCK* e *Conhecimentos dos estudantes* (este último endossado pela afirmação de que, em geral, pessoas tendem a questionar e criticar ideias de outros na comunicação de modelos e modelagem).

Refletindo sobre a prática na sala de aula e comparando-a com comportamentos de estudantes em experiências anteriores, Lizi mobilizou esses *CPD* em conjunto, o que resultou na mobilização de *Conhecimentos de avaliação* com a consideração de que o envolvimento dos licenciandos no processo foi “bem interessante”. Tal avaliação foi complementada com Lizi

afirmando que os licenciandos se envolveram mais, se mostraram mais entusiasmados e enfáticos do que outros sujeitos que tinham vivenciado a mesma atividade em outros contextos.

No início do encontro, Lizi havia criado expectativas e previsto alguns conhecimentos prévios que os licenciandos poderiam utilizar, associados às evidências às quais eles tiveram acesso (por exemplo, características da barra de chocolate *Suflair*). Na entrevista pós-terceiro encontro, ela fez observações sobre isto:

“Uma licencianda deu o exemplo do bolo. Eu estava ali pensando: ‘não vai aparecer a clara em neve?’ Porque sempre aparece. Mas no finalzinho apareceu a clara em neve, injeção de gás carbônico ou colocar um fermento ou qualquer outra substância. Eles falaram do emulsificante, mas deu para ver que eles não têm clareza de para que isso serve, de propriedade química propriamente. Dá pra ver como eles foram integrando conhecimentos cotidianos, da cozinha da casa deles, de fazer *mousse*, com uma preparação industrial do chocolate. Então, eu acho que isso é bem interessante, ao mesmo tempo que o ler a embalagem é importante, o pesquisar na *internet* é importante, o observar o chocolate foi muito importante.”

Este relato reflexivo de Lizi (*ePCK_R*), indicou como a previsão de conhecimentos prévios de estudantes auxilia na condução de processos de modelagem (*Conhecimentos pedagógicos* e *CK*) e de *pPCK* porque ela conseguiu prever isso a partir de suas experiências anteriores de aplicação da atividade. Lizi praticamente previu todas as relações analógicas que os licenciandos fizeram com situações cotidianas para a elaboração de seus modelos. Essas relações analógicas são práticas inerentes à modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016) e Lizi, sensível a isso, favoreceu que eles explorassem tais relações na construção de seus modelos. Isso foi importante para que ela percebesse que, durante as apresentações, eles também não indicaram ter clareza sobre coisas que disseram. Lizi também considerou que observar o chocolate foi muito importante para modelá-lo (*Conhecimentos de currículo* e *Conhecimentos pedagógicos*).

Na sequência, Lizi se lembrou de uma situação de sua prática docente naquele encontro (*ePCK_R*) na qual ela não havia pensado antes nem havia planejado: ter mordido o chocolate para mostrar a distribuição de bolhas dentro dele:

“Ah, isso, por exemplo, eu não tinha planejado. Foi na hora, né? Eu mordi o chocolate para mostrar como é a distribuição de bolhas por dentro, pra tentar fazer com que eles pensassem ‘espera aí, a ideia é que a bolha vai subindo e fica a casquinha embaixo, mas se fosse assim, a distribuição de bolhas não seria tão homogênea’, né? Então, fiz aquilo para usar uma evidência física, para contestar uma característica do modelo que eles criaram. Isso eu não planejei não, tive a ideia na hora.”

Mas a minha ideia é discutir com eles como todas essas ideias juntas vão sendo integradas num processo criativo de formular um modelo e vou trabalhar isso com eles. A minha ideia é associar isso primeiro com o desenvolvimento de modelos nas Ciências, o que eles percebem desse processo que eles vivenciaram que tem características semelhantes à construção de modelos nas Ciências. E depois, levar isso para a sala de aula, para eles perceberem, pra a gente levantar quais aspectos da modelagem podem ser positivos, no sentido de envolver os estudantes na proposição de um modelo.”

No contexto de análise de *CPD sobre modelos e modelagem* nos percursos escolares, acadêmicos e profissionais de Lizi, identificamos algumas de suas percepções sobre o uso de recursos educacionais em sala de aula como estratégia de ensino que pode auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem (subtópico 5.1.2.2.2). Naquele contexto, Lizi retomou sua experiência como estudante de Mestrado e afirmou ter compreendido como alguns recursos podem apresentar potencialidades na prática docente.

Na declaração acima, Lizi justificou suas ações de morder o chocolate e de explorar características dele nas discussões sobre modelos de um dos grupos de licenciandos, indicando planejamento, ação e reflexão no momento da ação (*ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R*). Isto evidenciou um ciclo de raciocínio pedagógico (CARLSON; DAEHLER, 2019) completo, pois ela afirmou que não havia pensado nisso antes, que aquela foi uma ação espontânea naquele contexto. Além disto, ela justificou a importância da decisão tomada e como compreendeu suas ações na perspectiva pedagógica.

Isto corrobora um processo de ação mediada (WERTSCH, 1998) por recursos educacionais na prática de Lizi, neste caso pelo chocolate em barras. Ficou evidente o que Wertsch (1998) indica sobre a principal propriedade da ação mediada: a tensão irreduzível entre agentes e meios mediacionais. Neste caso da prática de Lizi, não é possível atribuir somente à ela (professora) a construção de significados da ação (agência), mas à Lizi mordendo o chocolate (meio mediacional) (*ePCK_T*) e demonstrando aspectos dele (agência em conjunto) na construção de sentidos que expressaram suas intenções: chamar a atenção dos licenciandos para a distribuição de bolhas no objeto e como aquilo influenciava um *teste* do modelo do grupo (*Conhecimentos pedagógicos*). Isto se traduziu na sua afirmativa de querer “contestar uma característica do modelo que eles criaram”.

Na análise das aulas, observamos algo confirmado por Lizi nessas reflexões: como morder o chocolate e explorar suas características naquela situação causou transformações na sua prática (WERTSCH, 1998) ao conduzir o processo comunicativo. Entendemos essa transformação no sentido de potencializar as discussões com as simples ações de morder e

mostrar a barra de chocolate *Suflair* aos licenciandos, promovendo o que Ingold (2008) nomeia como educação da atenção. Para este autor, fazemos alguma *coisa* se tornar presente para *alguém* quando a mostramos para esse *alguém* que, por sua vez, pode aprender diretamente com ela observando-a, ouvindo-a ou sentindo-a. Desse modo, um dos papéis de professores de Ciências é criar situações e ambientes de ensino para que estudantes possam experimentar situações ou recursos que sejam importantes para a construção de conhecimentos.

Por ser uma situação inédita manifestada na prática da professora, morder o chocolate (e seus desdobramentos) destaca como os *ePCK sobre modelos e modelagem* podem ser mobilizados; como eles podem se transformar em *pPCK* futuramente; e como isto pode resultar em *Conhecimentos pedagógicos*. Estes, por sua vez, podem ser usados futuramente, caso a atividade seja aplicada novamente por ela ao buscar discutir aspectos do chocolate (referentes à aeração) ou discutir situações nas quais esse aspecto precise ser destacado. Pensando em termos da representação gráfica do RCM (CARLSON, DAEHLER, 2019), isto evidencia claramente como os *CPD sobre modelos e modelagem* podem se influenciar dinamicamente do centro do modelo (*ePCK*) para as bordas (*pPCK* e *Conhecimentos pedagógicos*) e, a longo prazo, constituir seus *pPCK*. Além disto, a ocorrência de situações semelhantes a esta no futuro pode sinalizar um movimento de influências de CPD das bordas para o centro do RCM (CARLSON, DAEHLER, 2019).

Lizi refletiu também sobre o processo discursivo que permeou a comunicação de modelos:

“Inclusive, eu fiquei muito satisfeita com o processo argumentativo, com como eles foram criticando e apontando muitas coisas que eu pensei para poder pontuar. Porque quando eles não pontuam, eu questiono os modelos deles, é uma forma de pensar no *teste*, né?”

Este trecho destaca a mobilização de *Conhecimentos de avaliação*, por Lizi avaliar o processo argumentativo ocorrido na comunicação dos modelos. Ela também salientou aspectos de suas experiências na ECFM, ou seja, acessou seus *pPCK* ao afirmar que questiona aspectos dos modelos ou do processo de modelagem quando os estudantes não o fazem. Além disso, ela considerou que questionar os modelos é uma forma de promover *testes* para eles, o que, no contexto educacional, é uma característica do processo apontada na literatura (GILBERT; JUSTI, 2016). Por isso, e considerando o contexto de formação de professores no qual ela fez esse apontamento, isto pode ser entendido como conhecimentos *sobre* modelagem (*CK*).

Ainda seguindo este raciocínio, Lizi deu detalhes sobre sua percepção do processo de modelagem vivenciado pelos licenciandos e um aspecto de NdC que foi marcante para ela:

“Um ponto também que eles levantaram que eu achei muito bacana foi a viabilidade financeira daquele projeto, né? Então, ‘ah, tem diversas agulhas que você enfia ali no chocolate’. Mas e aí, isso numa empresa é viável? Ter uma máquina deste tipo, ter agulhas desse tipo para cada uma das barrinhas. Se for uma barra enorme, vai funcionar? Então, que máquina é essa, o quanto caro ficará um chocolate desse. Então, isso eu achei muito bacana também deles questionarem. Sobre isso eu fiquei muito satisfeita.”

Este trecho evidencia a manifestação de *Conhecimentos de avaliação* quando a professora destacou a discussão implícita de um aspecto de NdC relacionado à economia (SANTOS; MAIA; JUSTI, 2020) apontado pelos licenciandos no contexto de comunicação dos modelos. Ao salientar falas de licenciandos específicos, questionando o modelo que se caracterizava pela injeção de agulhas para a produção de bolhas, Lizi manifestou *Conhecimentos dos estudantes*.

Ao final desse momento reflexivo, Lizi manifestou $ePCK_P$ ao declarar que pretendia retomar aspectos das discussões ocorridas na apresentação dos modelos ($ePCK_P$):

“Mas eu quero voltar essa discussão deles, esse entusiasmo, para que eles percebam como é um processo de modelagem, como esse processo envolve as pessoas, como os conhecimentos prévios são utilizados.”

Na expressão deste planejamento, destacam-se *Conhecimentos pedagógicos*, ao buscar explicitar a influência que os conhecimentos prévios dos licenciandos tiveram no processo de modelagem, e *Conhecimentos dos estudantes*, porque essa explicitação partiu do que eles mobilizaram de seus conhecimentos prévios no processo. Lizi complementou seu raciocínio afirmando que, para os próximos encontros, planejava ($ePCK_P$) discutir todas as ideias juntas de modo a salientar como elas se integram em processos criativos de modelagem (*CK*). Além disso, o trecho evidencia *Conhecimentos de currículo* e *Conhecimentos pedagógicos* quando ela demarcou uma sequência lógica de atividades e estratégias de ensino nesse planejamento.

Mesmo afirmando que naquele encontro não daria para terminar a atividade, Lizi refletiu ($ePCK_R$) sobre o tempo de elaboração e apresentação dos modelos.

“Hoje eu achei que foi tudo bem dentro do que eu estava esperando e até, felizmente, deu tempo de terminar a atividade de acordo com o planejamento”.

Assim, Lizi demonstrou que estava satisfeita com o fato de o tempo gasto com a atividade de modelagem ter atendido às suas expectativas e sido o necessário para atender à programação planejada. Mesmo salientando ter ficado feliz com isso, entendemos que, neste

caso, o tempo não influenciou como um *filtro* nem como um *amplificador*. Lizi já havia destacado o tempo como influente na promoção da ECFM no curso, ora como *filtro* (como quando explicou que modificou sequências e atividades de ensino para a ECFM – ao planejar o curso da RP e a atividade de representações de plantas de casa – e quando os licenciandos demoraram para responder ao questionário ora como *amplificador* (como evidenciado em seu discurso na entrevista inicial em que considerou como bem-empregado o tempo que se gasta com a ECFM). No presente contexto, ela apenas se mostrou aliviada por o tempo ter sido suficiente para a realização da atividade até o ponto planejado.

Assim, mais uma vez, destacamos que aspectos devem ser classificados como filtros e amplificadores dependendo de como se manifestam na prática docente; que eles são dinâmicos; e como eles ficam em evidência. Contudo, a análise deve ser criteriosa e contextual porque eles também podem não ser classificados em nenhuma dessas categorias (como neste caso).

Na semana seguinte, durante a entrevista pré-quarto encontro, Lizi refletiu sobre aspectos da modelagem do *Suflair*:

“Refletindo depois, eu achei interessante como eles usaram poucos aspectos químicos. Eles até falaram da caseína, mas não propuseram, por exemplo, pensando na estrutura da caseína, como isso pode ajudar na formação de bolhas, na estabilização do chocolate, na interação entre as moléculas de açúcar, leite e manteiga que estão ali. Eles não buscaram os conhecimentos químicos deles para justificar um produto que eles estavam trabalhando.”

Nessa reflexão (considerada a médio prazo por ter ocorrido durante a semana que separou um encontro do outro), $ePCK_R$ se manifestaram em conjunto com *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos de avaliação*, uma vez que Lizi analisou como os licenciandos usaram conhecimentos científicos (principalmente de Química) na elaboração de seus modelos.

Quando esse tipo de CPD emerge em contextos de ensino de conteúdos científicos curriculares, parece que evidências da manifestação deles são mais perceptíveis (por exemplo, em atividades de avaliação bem consolidadas no ensino de Ciências, tais como perguntas, questionários e testes). Contudo, na maioria das vezes em que Lizi avaliou os licenciandos na ECFM, ela se pautou em uma avaliação processual, como sugerido por alguns pesquisadores (por exemplo, CLEMENT, 1989; GILBERT; JUSTI, 2016; KNUUTTILA, 2005; KNUUTTILA; BOON, 2011; MORRISON; MORGAN, 1999;). Por exemplo, até então, *Conhecimentos de avaliação* de Lizi se manifestaram apenas no contexto de estudos e pesquisa de Lizi no Doutorado (figura 5.8) e se relacionaram à avaliação da performance, participação, discussão, envolvimento, criatividade dos licenciando, assim como da relação entre seus

conhecimentos prévios e o que estava sendo modelado e não ao uso que fizeram de conhecimentos científicos no processo (como neste trecho, quando ela destacou que eles usaram poucos conhecimentos químicos na elaboração de seus modelos).

Como a modelagem é um dos processos essenciais na produção, validação, divulgação e uso do conhecimento científico (GILBERT; JUSTI, 2016), e considerando também a realidade daqueles licenciandos, Lizi parece ter esperado que eles utilizassem conhecimentos científicos no processo. Gilbert e Justi destacam a importância desse uso ao relacionar a ECFM à Alfabetização Científica de estudantes:

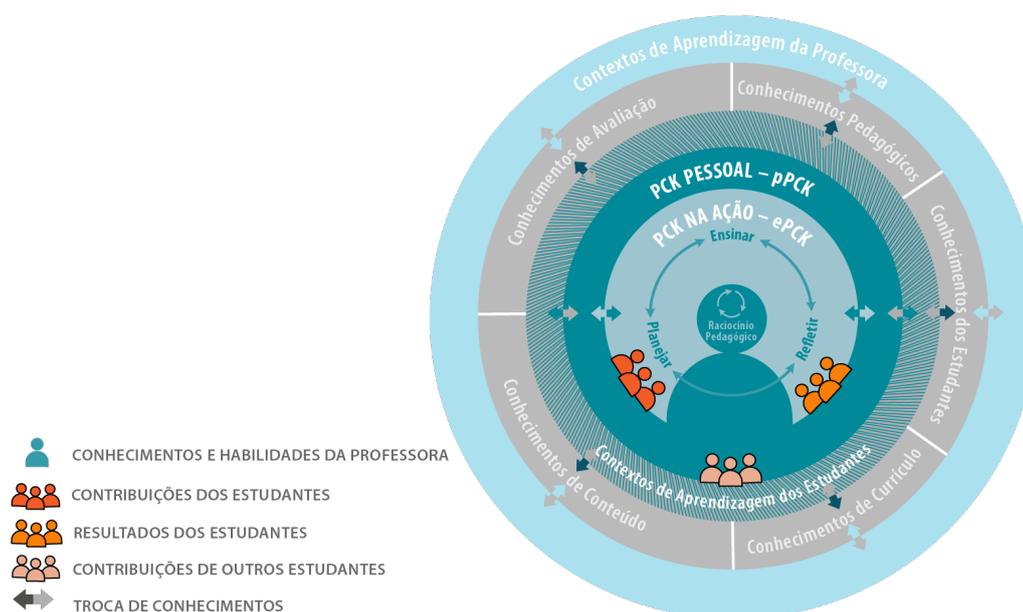
O conhecimento científico deve então ser visto como o resultado do argumento e de negociações humanas, não apenas como uma “retórica de conclusões”, cujas bases não podem ser amplamente compreendidas. Eles verão os debates científicos como atividades em que podem, na melhor das hipóteses, se envolver de maneira significativa e, na pior das hipóteses, apenas entender tal conhecimento (GILBERT; JUSTI, 2016, p. 12).

Justi (2006, 2009) afirma que é esperado que professores de Ciências promovam a ECFM não como modos de imposição autoritária de conhecimentos científicos, mas como alternativas a serem analisadas por estudantes e que podem contribuir para integrar pelo menos parte desses conhecimentos em seus modelos.

Um *amplificador* que se destacou neste evento não se relacionou a alguma das declarações de Lizi, mas à sua estratégia de se sentar em meio aos licenciandos ouvintes enquanto os outros apresentavam seus modelos. Essa estratégia de ensino foi caracterizada tanto como a manifestação de *Conhecimentos pedagógicos* quanto como um *amplificador* no processo. Isso porque naquela situação, sentar-se junto aos que ouviam enquanto os que falavam ocupavam a frente da sala evidenciou a valorização do papel central dos licenciandos na comunicação dos modelos e da participação ativa deles nesse processo. Além disso, antes de tomar a palavra, Lizi geralmente perguntava aos licenciandos se eles tinham perguntas, questionamentos ou comentários a fazer sobre os modelos que eram apresentados, se colocando como ouvinte e não como uma autoridade que estava avaliando os modelos ou os processos. A identificação desse amplificador e o contexto da prática reforçaram uma *identidade docente* de Lizi: ser uma professora que usa uma abordagem de ensino construtivista.

Na figura 5.22, representamos os *CPD* manifestados na prática de Lizi nesse evento didático crítico.

Figura 5.22 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 3 do terceiro encontro



Fonte: O autor.

Na figura 5.22, observamos que o evento didático crítico 3 do terceiro encontro foi a primeira situação na qual todos os *CPD* sobre *modelos e modelagem* das Bases Gerais se manifestaram junto aos *ePCK* sobre modelos e modelagem de Lizi. Isto é coerente com o contexto da atividade à qual o evento se associa: comunicação pelos licenciandos de seus modelos. Em tal contexto, inclusive, houve situações que podemos classificar como *testes* (a partir de questionamentos sobre aspectos específicos dos modelos) e *avaliação* (situações em que licenciandos eram confrontados com contextos de avaliação da abrangência e de validade dos modelos). Destacamos, portanto, que este processo comunicativo, análogo a alguns processos das Ciências, é um importante campo de estudos que deve ser mais bem explorado por pesquisadores em ECFM.

Além disso, ciclos de raciocínio pedagógico completos foram identificados quando Lizi evidenciou aspectos de planejamento, ensino e reflexão sobre a atividade de modelagem e sobre o processo de comunicação dos modelos.

5.2.1.3.4 Evento Didático Crítico 4 do Terceiro Encontro: Embate entre os Licenciandos Relacionado à Elaboração de Modelos

Este *evento didático crítico 4* ocorreu também no contexto de “Comunicação dos Modelos Elaborados pelos Licenciandos para o Processo de Produção do Chocolate *Suflair*”

(evento didático crítico 4). Optamos por definir dois eventos neste mesmo contexto em função das reflexões profundas que ele gerou em Lizi e de como ela se comportou frente a eles. O contexto do embate se mostrou crítico porque foi uma situação inesperada para Lizi, e importante por favorecer a análise sobre como ela se comportou e manifestou *CPD* frente a uma situação deste tipo.

No contexto de comunicação do modelo elaborado pelo segundo grupo, Lizi observou uma situação de conflito entre os licenciandos e descobriu que o motivo da animosidade entre eles era o fato de o segundo grupo ter pesquisado na *internet* e descoberto a influência de uma substância, a caseína, no processo de aeração do chocolate. Após a apresentação deste grupo, Lizi tomou a palavra e fez alguns esclarecimentos aos licenciandos (*ePCK_T*):

“Pessoal é só porque a Célia não sabia que podia usar uma informação que elas pesquisaram na *internet*. Pode! É livre. Eu só vou pedir para ela fazer essa colocação. A gente não vai discutir, tá? Ela só vai apresentar para embasar o que elas pensaram, porque elas não sabiam que podiam falar de coisas que elas pesquisaram, mas pode.”

A partir da explicação mais elaborada feita pelo grupo sobre a influência da substância caseína na elaboração do modelo, Lizi perguntou ao grupo “como a caseína ajudava a prender o ar na massa de chocolate”.

Na entrevista pós-terceiro encontro, Lizi explicou melhor como reagiu àquela situação inédita na sua prática na ECFM:

“O que eu achei de diferente de todas as vezes que eu apliquei essa atividade do *Suflair*, esta foi a que deu mais embate. [...] Porque teve um embate ali que a gente percebe, têm até algumas tensões pessoais que vêm de outros momentos... Tiveram dois momentos que eu vi que foram bem característicos disso e eu não sabia que isso existia nesse grupo, né? São momentos de tensão, de disputa porque eu coloquei o chocolate como prêmio. Mesmo sendo a motivação maior desse embate o convencimento da ideia propriamente, de que ‘a minha ideia é melhor que a sua’. Mas eu fiquei praticamente calada, só contemplando as discussões e eu acho que eles foram capazes de fazer essas reflexões vendo as inconsistências dos modelos dos colegas. Eu acho que isso foi bem atingido, eu confesso que gostei. Eu acho que as atividades [de modelagem] dos polímeros vão dar menos embate [do que a do chocolate].”

Nessas reflexões (*ePCK_R*), Lizi evidenciou ter adquirido *Conhecimentos dos estudantes*, a partir da descoberta de que houve situações conflituosas entre os licenciandos naquele contexto de ECFM e ter consciência de que sua estratégia de explicitar que iria premiar o grupo que apresentasse o melhor modelo (*Conhecimentos pedagógicos*) pode ter acentuado o embate entre eles, mesmo que sua intenção fosse a de potencializar um processo argumentativo (*Conhecimentos pedagógicos*).

Lizi assumiu ter ficado calada naquela situação específica, mesmo sabendo que havia um conflito real entre os licenciandos. Mesmo não agindo, Lizi assumiu um posicionamento crítico e tomou a decisão consciente de não agir naquele momento (ALMEIDA; SANTOS; JUSTI, 2022). A justificativa para tais ações foi expressa como parte da reflexão: “preferi não acentuar mais aquela animosidade entre eles” (*ePCK_R*). Porém, ela pretendia abordar a situação (*ePCK_P*) no contexto de discussão sobre o processo que eles vivenciaram, o que ocorreria no quarto encontro, postura que refletiu *Conhecimentos pedagógicos*.

Uma semana depois, no contexto de entrevista pós-quarto encontro, Lizi retomou este assunto:

“Eu tinha a intenção de discutir, mas eu fiquei com receio de retomar e trazer uma animosidade do outro encontro [terceiro] para este [quarto]. Tanto é que, na hora que a gente foi discutindo as semelhanças com os cientistas⁶⁷, eu já tinha planejado explorar esse aspecto. Mas a Célia já tinha falado que tinha se sentido inibida porque ela até falou aqui hoje “ah, porque eu senti que eu estava fazendo algo ilegal pesquisando na *internet* a composição do *Suflair*”. Então, eu acho que ela tentou atribuir o fato de ela ter desistido de apresentar um modelo⁶⁸, em função dessa sensação que ela teve.”

Esta manifestação de *ePCK_R* justifica a tomada de decisão de Lizi de não se posicionar naquele momento nem posteriormente, frente ao embate ocorrido entre os licenciandos no encontro anterior, cerne deste evento (*pPCK*). Mesmo reconhecendo ser aquele um acontecimento em potencial para estabelecer relações analógicas entre o que eles vivenciaram e o que pode acontecer nas Ciências (embates e discordâncias de ideias e métodos de investigação), Lizi julgou que naquele contexto de ensino o melhor seria não acentuar a animosidade existente entre os licenciandos. Por isto, a tomada de decisão consciente e crítica de Lizi de não discutir essa situação destacou *Conhecimentos pedagógicos* que foram importantes para o bom andamento do processo de ECFM.

Lizi justificou por que considerava que discutir o “embate” impactaria na dinâmica do curso, na perspectiva daquela turma de licenciandos:

“Como eu ainda não estou muito familiarizada com esse grupo [de licenciandos], eu fico com receio de trazer à tona uma discussão que venha a exaltar uma diferença entre eles que, talvez, possa ter passado despercebido. Porque eu senti que, no encontro anterior, o clima entre as pessoas que estavam na sala ficou bem desagradável. E é uma coisa que eu não acho que

⁶⁷ Isto ocorreu no evento didático crítico 3 do terceiro encontro, apresentado no subtópico 5.2.1.3.3.

⁶⁸ Naquele contexto de comunicação do modelo do grupo, Célia parecia muito incomodada e se sentou junto aos colegas da turma deixando as outras integrantes do seu grupo finalizarem a apresentação.

é prejuízo, por exemplo, deixar para abordar em outro momento, quando a poeira estiver assentada, ou nem abordar. Na história do Daniel Shechtman, no conflito dele com Linus Pauling, isso ficou tão evidente⁶⁹, que eu acho, pelo menos uma maneira geral, que esses conflitos existem nas Ciências e eu acho que está perceptível.”

A manifestação de *ePCK_R* por Lizi neste trecho foi influenciada por seus *pPCK*, *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos pedagógicos*. Ter a consciência de que não conhecia o suficiente aquela configuração de licenciandos para discutir o embate foi determinante para seu posicionamento crítico em não retomar a situação de conflito.

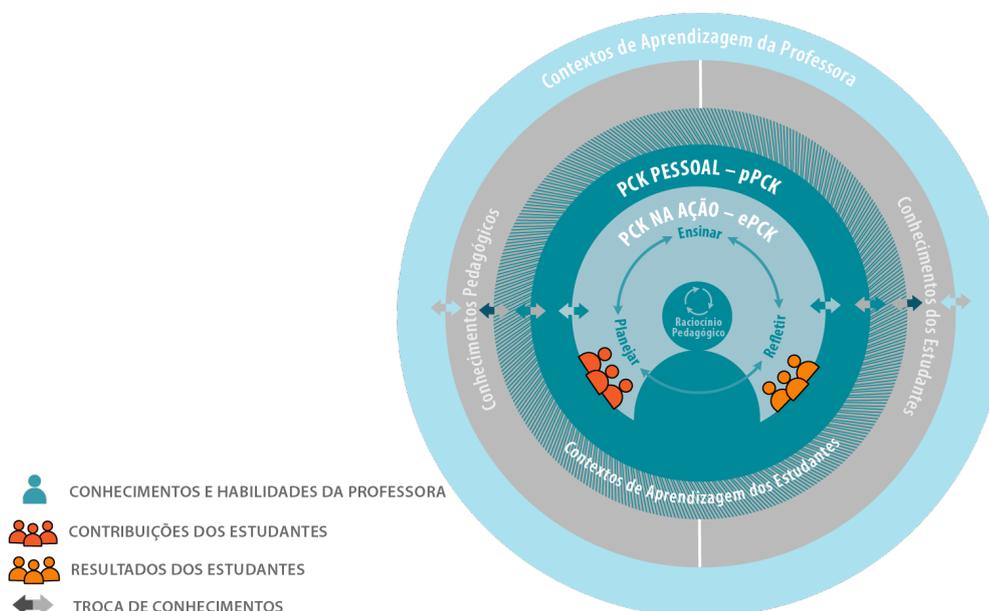
Essa novidade (embate entre estudantes) na prática docente de Lizi, que gerou a manifestação de diversos *ePCK* sobre modelos e modelagem no contexto de modelagem, poderá se tornar parte de seus *pPCK*, servindo de base, por exemplo, para Lizi prever situações semelhantes em outros contextos (*ePCK_P* e *Conhecimentos de currículo*) ou planejar estratégias de ensino (*ePCK_P* e *Conhecimentos pedagógicos*) de modo a conduzir tais processos (*ePCK_T*), optando por tomadas de decisão apropriadas ao contexto e público-alvo (*Conhecimentos dos estudantes*). Por se originar nos *ePCK*, essa situação e seu desdobramento sinalizam um movimento de influências de *CPD* do centro do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) para as bordas, indicando a dinâmica de influências e transformações dos *CPD*.

Este embate pode ser considerado como um *filtro* na promoção da ECFM, uma vez que Lizi afirmou não saber que existiam situações de tensão entre licenciandos daquele grupo. Entendemos que, se Lizi soubesse disto de antemão, poderia ter promovido estratégias para diminuir a animosidade existente no grupo ou se preparar melhor para agir, inclusive, aproveitando-a no contexto pedagógico. Contudo, não descartamos a decisão consciente de ficar calada para não acentuar o conflito. Este *filtro* resultou em Lizi deixar de explorar o embate para discutir aspectos da modelagem e das Ciências. Por outro lado, tal decisão pode se caracterizar como um *amplificador*, no sentido de Lizi não acentuar nem retomar aquele conflito, o que poderia gerar desgaste no decorrer do curso. Assim, isto poderia influenciar no comportamento dos licenciandos no decorrer de todo o restante do curso, o que foi evitado por Lizi ao tomar tal decisão. Novamente, isto nos remete à influência de fatores emocionais na ECFM (HAM; KIM, 2018), visto que Lizi evitou a retomada de emoções negativas no curso.

⁶⁹ Este caso foi discutido no episódio 3 do terceiro encontro. Naquele contexto, Lizi havia usado o caso para abordar aspectos de NdC discutindo com os licenciandos o conflito explícito provocado por Linus Pauling ao criticar veementemente as ideias e os produtos das pesquisas de Shechtman, causando polêmicas na comunidade científica.

Representamos na figura 5.23 os *CPD* manifestados na prática de Lizi neste evento didático crítico 4.

Figura 5.23 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 4 do terceiro encontro



Fonte: O autor.

5.2.1.4 Macroanálise dos CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados pela Professora no Quarto Encontro e Microanálise dos Eventos Didáticos Críticos deste Encontro

Ao final da entrevista pós-terceiro encontro, Lizi apresentou aspectos de seu planejamento para o quarto encontro:

“Então, é isso que eu quero que a gente tire das discussões [do terceiro encontro]: o que tem de análogo à produção de modelos nas Ciências e como isso, desenvolvido no ensino, pode contribuir para o ensino de Ciências. Esses dois pontos. E depois a gente já vai entrar na modelagem dos polímeros.”

Nessa declaração de Lizi, enraizada nos resultados dos processos vivenciados no encontro daquele dia (terceiro), identificamos a manifestação de *ePCK_P* e *Conhecimentos de currículo* a partir da projeção de assuntos e atividades que ela pretendia desenvolver no encontro que ocorreria na semana seguinte. Além disso, ao afirmar que atividades de modelagem podem envolver um processo análogo ao vivenciado por cientistas, ela evidenciou aspectos de seus *CK*.

No quadro 5.6, apresentamos o mapa de episódios do quarto encontro.

Quadro 5.6 Mapa de episódios do quarto encontro do curso. (continua)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
1	Aplicação do Questionário 2, sobre atividade de modelagem do <i>Suflair</i> .	Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de avaliação; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Amplificadores: a riqueza do desenvolvimento da atividade de modelagem do processo de produção do chocolate <i>Suflair</i> ; obtenção de registros sobre as percepções dos licenciandos sobre o processo; e observação de envolvimento positivo dos licenciandos nesse processo de modelagem. Filtro: tempo. Crença: experiências passadas de promoção da ECFM influenciam em práticas semelhantes no presente.
2	Discussão geral sobre a atividade de modelagem.	CK; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de avaliação; pPCK; ePCK _R ; ePCK _T	Amplificadores: comportamento dos licenciandos, envolvidos e ativos nas discussões; e satisfação de Lizi (fator emocional e motivacional).
3	Discussão sobre aspectos de NdC que surgiram durante a atividade de modelagem.	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; ePCK _T	-
4	Discussão sobre os conhecimentos prévios utilizados durante a atividade de modelagem.	CK; ePCK _T	-
5	Discussão sobre o tempo de aplicação da atividade de modelagem.	CK; Conhecimentos Pedagógicos; ePCK _P ; ePCK _T	-
6	Discussão sobre a introdução de atividades de modelagem na Educação Básica.	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de avaliação; pPCK; ePCK _T ; ePCK _R	Amplificadores: apontamentos dos licenciandos sobre o processo de modelagem vivenciado foi bastante positivo nas discussões; e reconhecimento deles de fatores importantes sobre esse processo a deixou bastante satisfeita (aspecto motivacional). Crença: na modelagem, estudantes ficam cansados porque precisam pensar em vários fatores durante o processo.

Quadro 5.6 Mapa de episódios do quarto encontro do curso. (continuação)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
7	Discussão sobre dificuldades enfrentadas por professores no contexto de ECFM.	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos dos estudantes; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Filtros: o tempo ser um fator limitante na ECFM; criar atividades de modelagem é uma prática muito difícil e requer muito tempo do professor; e ocorrência de situações imprevisíveis.
8	Introdução da sequência de atividades de modelagem dos polímeros.	CK; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de avaliação pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Filtros: o tempo do curso, que resultou na alteração do roteiro da sequência de modelagem sobre polímeros; o tempo do encontro, porque ela não conseguiu cumprir o planejamento; e o cansaço dos licenciandos ao final do encontro, o que alterou a dinâmica da atividade final. Amplificadores: suas experiências anteriores influenciaram na melhor programação da sequência de modelagem sobre polímeros; consideração de que não haveria problema em reduzir a sequência de modelagem original sobre polímeros.
9	Investigação dos conhecimentos prévios dos licenciandos sobre polímeros.	Conhecimentos pedagógicos; pPCK; ePCK _T	-

Fonte: O autor.

O quarto encontro do curso foi destinado principalmente à aplicação do Questionário 2, visando obter mais informações sobre como foi o processo de modelagem do *Suflair* para os licenciandos e sobre as discussões que ocorreram na turma a partir dele (episódios 1 a 7). Finalizando o encontro, Lizi introduziu a sequência de ensino sobre polímeros (episódios 8 e 9).

Nesse montante, destacamos a principal prática de Lizi: promover discussões sobre a ECFM a partir de vivências em atividades *de* e *sobre* modelagem, contexto no qual houve a manifestação de diversos *CPD sobre modelos e modelagem* e em diferentes configurações. Em todos os episódios do quarto encontro, *CPD* foram mobilizados por Lizi, sendo destaque a alta frequência de mobilização de *CK*, até então tímida, e de *Conhecimentos pedagógicos*.

A seguir, apresentamos a análise dos eventos didáticos críticos deste encontro.

5.2.1.4.1 Evento Didático Crítico 1 do Quarto Encontro: Discussão Geral sobre a Atividade de Modelagem do Processo de Produção do Chocolate Suflair

O *evento didático crítico 1* do quarto encontro foi um momento importante de discussão e reflexão vivenciado tanto por Lizi, a partir da aplicação da atividade de modelagem do chocolate *Suflair* (episódio 1), quanto pelos licenciandos, que realizaram os processos na atividade. Para isto, Lizi iniciou o evento fazendo considerações gerais sobre o processo:

“Eu gostaria de fazer um apanhado geral, algumas considerações sobre aquele processo. Bom, em primeiro lugar, algumas pessoas, em princípio o Gabriel e a Amanda falaram. Vocês dois eu lembro que falaram que já tinham feito [atividades deste tipo]. Vocês acham que foram atividades parecidas com aquela que a gente fez? [...] Quem mais já tinha feito algum tipo de atividade de modelagem?”

Lizi havia sondado os licenciandos sobre quais deles haviam tido experiências com a ECFM, situação na qual dois licenciandos (que não foram seus estudantes) informaram que haviam participado, respectivamente, da construção de modelos para fluxo sanguíneo e de representações no Ensino Médio. Neste evento, Lizi retomou tal questão perguntando como essas experiências anteriores se assemelhavam à elaboração de modelos para o processo de produção do chocolate *Suflair* (terceiro encontro). Além disso, perguntou aos outros licenciandos se eles já tinham vivenciado alguma experiência semelhante àquela. Com essas ações, Lizi manifestou *ePCK_T*, *pPCK* e *Conhecimentos pedagógicos* ao sondar as percepções dos licenciandos sobre diferentes vivências deles em contextos de modelagem. Isto foi feito a partir de uma relação pedagógica de continuidade “macro” (de passado) (SCOTT; MORTIMER; AMETLLER, 2011) na qual Lizi estabeleceu *links* (como havia adiantado que faria na entrevista pós-terceiro encontro) ao retomar o assunto no contexto apropriado: a discussão sobre a vivência em um processo de modelagem autêntico (GILBERT; JUSTI, 2016).

Em resposta, os dois licenciandos e outros (que consideraram ter vivenciado algum processo de modelagem) afirmaram que foi completamente diferente e apresentaram justificativas para isso. Em seguida, Lizi iniciou outra discussão sobre o processo:

“Bom, e o que vocês tiveram que pensar pra chegar a propor alguma coisa, para o problema que era pensar em como que o chocolate era fabricado? Ao que mais vocês precisaram recorrer ou o que vocês usaram para poder pensar naquele processo de fabricação de chocolate? [...] O que vocês pensaram de Físico-química? [...] E em termos de conceitos, vocês pensam assim, que teve mais alguma ideia, informação que vocês tiveram que recorrer previamente, nos estudos de vocês, da vivência de vocês para poderem propor um modelo?”

Nesse trecho, Lizi mobilizou $ePCK_T$ para manifestar *Conhecimentos pedagógicos* a partir da estratégia de fomentar uma discussão para sondar o que os licenciandos pensaram na elaboração dos modelos, o que a levou a adquirir *Conhecimentos dos estudantes*.

No final deste trecho, Lizi fez perguntas relacionadas a conhecimentos científicos mobilizados por eles durante a modelagem. Isto nos remete às suas declarações de que os licenciandos utilizaram poucos conhecimentos científicos durante os processos de elaboração e comunicação dos modelos (evento didático crítico 3 do terceiro encontro). Essa estratégia de perguntá-los sobre esses conhecimentos reflete aspectos de seus *Conhecimentos pedagógicos* visando destacar os conhecimentos científicos que eles utilizaram, mas que não ficaram evidentes nem no processo de elaboração nem de comunicação dos modelos.

Um licenciando afirmou que seu grupo utilizou conceitos relacionados às propriedades de fluidos para embasar uma justificativa sobre aspectos do modelo. Outro licenciando apontou propriedades gerais da matéria, algum processo químico que alterava a viscosidade do chocolate e a possível liberação de bolhas na mistura de ingredientes. A partir desses relatos, houve um momento de discussão com a participação de todos os licenciandos sobre alguns ingredientes do chocolate, formação de bolhas no processo de aeração do chocolate etc.

Lizi, que até então observava a discussão, retomou o discurso e conduziu os licenciandos a dar respostas sobre conhecimentos químicos que eles usaram ou poderiam ter usado no processo. Diante desta situação, Lizi mobilizou $ePCK_R$ ao afirmar “eu fiquei pensando, eu já vou levar para o lado da Química”, *Conhecimentos pedagógicos*, ao questionar os licenciandos sobre o uso de conhecimentos científicos na modelagem, o que também resultou na aquisição de *Conhecimentos dos estudantes*.

As perguntas feitas por Lizi na sequência ($ePCK_T$) mudaram de foco, passando dos conhecimentos científicos aos conhecimentos cotidianos que eles mobilizaram na modelagem:

“Mas, assim, independente de tudo isso, eu estou perguntando, então, quais os conceitos químicos, físicos, questões de vivência que vocês usaram? Teve coisas que vocês usaram de vivência?”

Vários licenciandos apresentaram situações cotidianas que foram associadas por eles ao processo, algumas delas repetidas por Lizi:

“Fazer bolo, fazer suflê, calda de chocolate... Quando faz bombom, a temperatura... O temperar o chocolate, né? Então, tudo isso foi utilizado dentro do conhecimento prévio que não necessariamente foi conhecimento que vocês adquiriram nas aulas de Física, de Química... Pode ser da vivência também, né? De observação.”

Lizi também sondou como os licenciandos avaliavam o fato de ter o chocolate *Suflair* em mãos no contexto de elaboração dos modelos:

“E vocês terem o chocolate [em mãos]: Eu ter entregado o chocolate para vocês mudou alguma coisa em relação a, por exemplo, se eu chegasse e tivesse falado ‘ô gente, sabe aquele chocolate *Suflair*? Tá aqui, na imagem’.”

Em geral, os licenciandos consideraram importante ter o chocolate no momento da modelagem e usaram várias justificativas para isto. Como antes, Lizi sintetizou as falas deles:

“O negócio de cavar, vocês não falaram de cavar o chocolate, de morder, de ver o gosto padrão... observar as bolhinhas, a espessura da casquinha?... Então, para isso, foi importante [ter o chocolate em mãos]? A Fernanda falou ‘sai do abstrato e vai mais pro concreto’. Então, isso era para vocês terem acesso a algumas dessas características, ok?”

Esse processo discursivo gerado por Lizi junto aos licenciandos evidenciou *ePCK_T*, *CK* e *Conhecimentos pedagógicos*. Suas ações de discutir e relembrar os licenciandos características do chocolate que ajudaram na elaboração de modelos indicaram a mobilização de *ePCK_T*. Seus *CK* se manifestaram a partir das situações nas quais ela evidenciou a importância de ter acesso às informações sobre a entidade a ser modelada, necessária principalmente na etapa de *criação* de protomodelos. *Conhecimentos pedagógicos* se manifestaram nos modos como Lizi oportunizou esse acesso e sobre como ela discutiu com os licenciandos a importância disso na modelagem naquele contexto, relembrando, inclusive momentos do processo de modelagem em que isso ocorreu. Essa identificação e caracterização tiveram mais validade após uma licencianda enfatizar a importância de ter o chocolate em mãos para promover a experimentação no processo, resultando em Lizi enfatizar:

“Isso! Então, de certa forma, são experimentos que vocês estão fazendo, né? O cavar, o morder, o quebrar... Tudo isso tem a ver, sim, com ter mais informações sobre aquilo que vocês estão modelando.”

Finalizando este evento, Lizi discutiu sobre a percepção dos licenciandos em relação a realizar a atividade de modelagem em grupo:

“Bom, pensando aí, em termos de conhecimentos que vocês associaram, isso tudo, bolaram um modelo e depois, na hora da discussão, como que foi esse processo de discutir?”

Uma licencianda opinou afirmando que o momento de discussão foi bem melhor do que ela esperava, opinião compartilhada pelos colegas. Lizi aproveitou esse momento para caracterizar os processos de trabalho colaborativo em grupo:

“Vocês tiveram dois momentos de discussão. Um dentro dos grupos e o outro com a sala. Vamos pensar nesse nos grupos. Vocês acharam que foi mais fácil fazer esses modelos com os colegas, em grupo ou, se fossem sozinhos seria mais fácil? Alguém acha que, em individual, seria mais fácil?”

A maioria deles respondeu que em grupo seria mais fácil. A partir da segunda pergunta de Lizi, uma licencianda disse que dependia da informação. Por isso, foi gerada uma discussão sobre vantagens e desvantagens do trabalho em grupo. Lizi interveio complementando:

“[Trabalhando em grupo] Já descarta um monte de ideias, hipóteses que, às vezes, com base no conhecimento do colega, já é possível verificar ‘que bom aquela ideia minha não vai pra frente não’. Você já pensa até em como vai convencer sua audiência. Poderia ser até mais rápido, mas mais suscetível às críticas, né? E quando vocês socializaram, quando vocês colocaram isso para um grupo maior, pra turma? Teve caso, assim, de alguém que não tinha pensado numa coisa, mas o colega apresentou e aí, ele incorporou e passou a pensar aquilo, teve? Vocês acham que ajudou, nesse sentido?”

Com essas falas (*ePCK_T*), Lizi mobilizou aspectos de seus *CK* caracterizando como o trabalho colaborativo é importante na modelagem e *pPCK*, lembrando práticas realizadas pelos licenciandos nos grupos de trabalho.

Em resposta às perguntas, os licenciandos concordaram com as considerações de Lizi, que parece tê-los convencido de que geralmente o trabalho colaborativo na modelagem é essencial e mais produtivo do que o trabalho individual.

De um modo geral, nessas discussões, Lizi manifestou *CK* para salientar como conhecimentos prévios, cotidianos e científicos são importantes e devem ser integrados à modelagem. Isso foi feito usando *Conhecimentos pedagógicos* a partir das estratégias de perguntar aos licenciandos quais conhecimentos eles utilizaram no processo e de discutir conhecimentos que eles poderiam ter usado para potencializar e melhorar seus modelos.

No contexto de entrevista pós-quarto encontro, Lizi refletiu sobre o processo discursivo sobre a modelagem do processo de produção do chocolate *Suflair*:

“A discussão sobre o processo de modelagem eu achei que foi bacana. Eu achei rica. Eu interfeirei pouco, porque eles já foram pontuando. Foi mais para fechar uma ideia ou juntar uma ideia ou outra, mas em geral, eu deixei mais a critério do que eles estavam falando porque eles estavam pontuando questões bem coerentes. Eu me dei por satisfeita da análise que eles foram fazendo... É claro, como eu chamei atenção, teve um momento que se perdeu porque eles voltaram no conteúdo do modelo. E eu não estava preocupada com o conteúdo do modelo. O conteúdo era só pra gente pensar no processo que eles tinham vivenciado. Mas eu achei que foi bacana.”

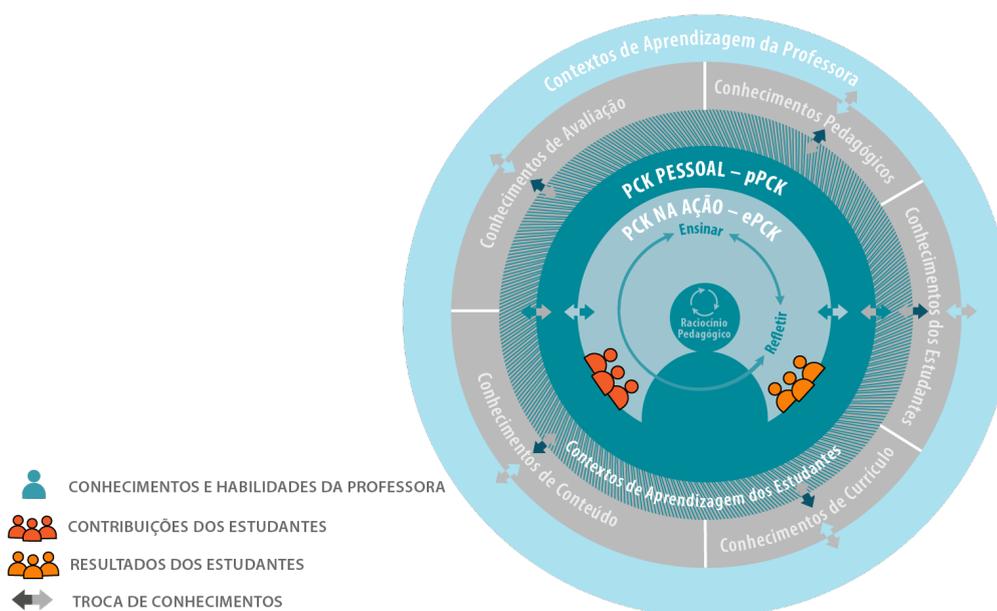
Com a mobilização de *ePCK_R*, Lizi também mobilizou: (i) *Conhecimentos de avaliação*, ao avaliar como “bacana” e rico o processo discursivo e por considerar que os licenciandos

apresentaram questões coerentes e se envolveram ativamente nas discussões, o que a deixou satisfeita; (ii) *Conhecimentos pedagógicos*, ao refletir sobre a escolha da estratégia de interferir apenas quando necessário; e (iii) *Conhecimentos de currículo*, ao demonstrar não estar preocupada em discutir conteúdos dos modelos, mas como foi o processo para eles.

Identificamos dois *amplificadores* que influenciaram na manifestação dos *CPD* de Lizi. O primeiro *amplificador* se relaciona ao comportamento dos licenciandos, envolvidos e ativos nas discussões conduzidas pela professora, o que exigiu dela poucos momentos de intervenção nas discussões. O segundo *amplificador* se refere aos fatores emocional e motivacional que se manifestaram na satisfação de Lizi com o processo, outro afeto epistêmico do tipo “aspectos afetivos das interações acadêmicas” (JABER; HAMMER, 2016).

Os *CPD* que se manifestaram neste evento didático crítico estão representados na figura 5.24.

Figura 5.24 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 1 do quarto encontro



Fonte: O autor.

5.2.1.4.2 Evento Didático Crítico 2 do Quarto Encontro: Discussão sobre o Uso de Atividades de Modelagem na Educação Básica

O *evento didático crítico 2* do quarto encontro se configurou em torno de discussões promovidas por Lizi sobre o uso de atividades para a ECFM na Educação Básica e sobre as principais dificuldades enfrentadas por professores neste contexto de ensino. Neste *evento*,

importante e crítico no contexto de formação dos licenciandos, Lizi alcançou um de seus principais objetivos: discutir com os licenciandos o uso de atividades de modelagem na Educação Básica a partir de vivências deles como estudantes em processos de modelagem escolar. Ela iniciou a discussão sondando o que eles pensavam sobre o uso de atividades de modelagem nas escolas:

“Pessoal, agora, eu vou fazer uma relação breve com os estudantes nas escolas. O que vocês acham que a gente, enquanto professor ou... não é pensando pra gente, pensando nos estudantes... O que se ganha em termos de aprendizagem introduzindo atividades de modelagem?”

Com essa pergunta (*ePCK_T*), Lizi buscou promover um processo reflexivo dos licenciandos voltado para o ensino na perspectiva da ECFM, com foco na modelagem. Uma licencianda afirmou que atividades de modelagem semelhantes à que ela vivenciou oportunizam argumentação, comunicação, socialização de ideias e promovem o desenvolvimento do pensamento de estudantes envolvidos nos processos. Ela também afirmou que o pensar é um processo complexo na elaboração de modelos, diferente de quando só se usa modelos prontos. Lizi complementou tentando sintetizar o raciocínio da licencianda: “Já recebe um modelo pronto e usa ele como se fosse o correto... Não questiona?”. Os licenciandos discutiram a diferença entre usar modelos prontos e elaborar e usar modelos. Nesta última interferência de Lizi (*ePCK_T*), entendemos que ela mobilizou *CK* ao destacar diferenças entre tipos de práticas com modelos, assim como a necessidade de sempre questionar um modelo.

A partir da definição de abordagens práticas com modelos apresentada por Gilbert e Justi (2002a) (ver tópico 2.4), interpretamos que, neste evento, a partir das ideias dos licenciandos, Lizi promoveu discussões principalmente sobre o uso de modelos prontos e a produção de novos modelos.

Isso também oportunizou a discussão de *affordances* (GIBSON, 1986) dessas duas práticas no contexto de ECFM, situação na qual os seguintes pontos sobre o uso de modelos prontos foram tratados: (i) é mais fácil apontar as limitações e inconsistências dos modelos prontos do que dos que são elaborados; (ii) o máximo que se pode pensar sobre a elaboração de um modelo pronto é sobre o que cientistas pensaram e fizeram ao produzi-lo, caso não tenha registros sobre isto. Por outro lado, sobre a modelagem, eles discutiram que estudantes (i) têm que pensar em todo o processo e sobre seu(s) próprio(s) modelo(s) (como produto(s) dele); (ii) podem reconhecer práticas que compõem o processo de modelagem; (iii) podem pensar nas

limitações dos modelos ao construírem seus próprios modelos; (iv) podem entender aspectos do trabalho de cientistas, o que destaca o papel da socialização nesse processo.

Lizi também promoveu outra discussão (*ePCK_T*) que resultou na consideração de que a modelagem é uma prática social na qual “é preciso compreender e respeitar o processo de criação do outro” (*CK*). Neste contexto, vários licenciandos opinaram apresentando seus pontos de vista, tais como: (i) na modelagem é preciso participar do processo e buscar um entendimento maior na multidisciplinaridade que o processo apresenta; (ii) naquele processo de modelagem, eles tiveram que usar conhecimentos sobre produção industrial; (iii) a importância de se ter conhecimento sobre a entidade a ser modelada; (iv) a modelagem envolve pesquisa e investigação; (v) a possibilidade de desenvolver habilidades individuais na modelagem; (vi) os processos argumentativos na modelagem refletem o papel ativo de estudantes; e (vii) a modelagem estimula a participação ativa de estudantes.

Ao longo desta discussão, Lizi fez intervenções (*ePCK_T*) buscando complementar aspectos que eles apresentavam, tais como:

“Você desenvolve mais conhecimentos sobre o processo. Então, [na modelagem] você não está com foco só nas características finais do produto [modelo]. Você desenvolve *n* outros conhecimentos para poder alcançar aquele objetivo final.”

“Modelagem envolve investigação, conhecimentos... É preciso pensar em várias habilidades porque esse questionar, esse argumentar, esse socializar, expressar... a gente não está falando só do conteúdo final. Além dele, tem uma série de outros conhecimentos que você vai desenvolver para chegar lá.”

“O estudante poderá pensar na coerência de seu modelo, pensar em como vai defender o seu modelo [...]. Você tem mais acesso ao que o estudante está pensando. Então, até para perceber a incoerência [das ideias expressas] a gente consegue ter esse acesso.”

Essas intervenções de Lizi evidenciaram também a manifestação de *Conhecimentos dos estudantes* (reforçando ou complementando as ideias que eles expressavam), *Conhecimentos pedagógicos* (sondando o que eles pensavam e usando suas ideias como forma de discutir a modelagem) e *CK* (a partir de definições sobre a modelagem e seu uso em contextos escolares).

Esses *CK* se expressaram, por exemplo, quando Lizi discutiu com os licenciandos: (i) o fato de modelos terem limitações; (ii) diferenças entre aprender usando modelos prontos e aprender vivenciando a modelagem; (iii) características da modelagem relacionadas a ser um processo multidisciplinar, investigativo e criativo no qual se constrói conhecimentos; (iv) o fato de a modelagem ser um processo que envolve várias práticas, tanto individuais (como a

capacidade de pensamento e raciocínio analógico) quanto sociais (como argumentação, comunicação e compartilhamento de ideias); e (v) o fato de a modelagem permitir ao professor ter acesso a o que estudantes estão pensando, podendo reconhecer incoerências em suas ideias. Diante disso, entendemos que abordar essas questões a partir de um processo discursivo e levando em conta o entendimento dos licenciandos a partir daquilo que vivenciaram foi uma estratégia de ensino interessante que Lizi utilizou para alcançar parte de seus objetivos iniciais.

Lizi mudou o foco das discussões buscando abordar desafios inerentes à promoção da ECFM: “E são tudo flores? É lindo... Vou dar aula só de modelagem pro resto da minha vida?” Expressando um tom de ironia, Lizi mobilizou $ePCK_T$ buscando obter *Conhecimentos dos estudantes* sobre as dificuldades de professores ao promover a modelagem em sala de aula.

Ao responder, os licenciandos destacaram pontos como: a modelagem é um processo demorado; os currículos são rígidos e dificultam a promoção da ECFM; escolas não oferecem tempo para que ela seja desenvolvida como deveria; etc. Lizi complementou essas declarações:

“Um fator grave, assim, limitante, é realmente a questão do tempo. Então, a gente tem que pesar e pensar nisso também. E têm ações, têm conhecimentos, conceitos que podem ser modeláveis. Agora, não é para a gente pensar que o estudante vai dar conta de modelar tudo. A gente precisa apresentar uma série de informações para ele. E por mais que a gente saiba fazer, bolar, às vezes, uma atividade de modelagem não é simples. Vocês vão ver, a gente vai ter acesso a uma outra parte hoje. E bolar uma atividade de modelagem é algo que também requer... tempo do professor.”

Essa discussão, fundamentalmente pautada em contexto de formação de professores, se processou no intuito de favorecer reflexões sobre a aplicação da modelagem em contextos regulares de ensino de Ciências. Mobilizando $ePCK_T$, Lizi declarou explicitamente que o tempo é um grave fator limitante para a promoção da ECFM, o que indica aspectos de CK e *Conhecimentos de currículo*. Lizi indicou ser necessário professores: considerarem o fator tempo ao planejar ($ePCK_P$) e aplicar atividades de modelagem ($ePCK_T$); serem conscientes que há conhecimentos e conceitos que favorecem a modelagem (CK); reconhecerem que estudantes podem ter dificuldades nesses processos, dependendo do que esteja sendo modelado (*Conhecimentos dos estudantes*); e apresentarem informações a estudantes para guiar o raciocínio deles (*Conhecimentos pedagógicos*).

Referindo-se às suas experiências em contextos de promoção da ECFM, Lizi manifestou $pPCK$ e $ePCK_R$ ao afirmar que produzir atividades de ensino para a ECFM pautadas na modelagem não é uma tarefa simples. Inclusive, ela já havia destacado que criar tais atividades

era a tarefa mais difícil em contextos de ECFM, sendo o principal motivo de ela sempre usar atividades e sequências criadas em colaboração em seu GP (subtópico 5.1.4.1).

Finalizando esse trecho, Lizi mobilizou *Conhecimentos pedagógicos* ao usar uma estratégia de ensino que se caracteriza como relação pedagógica de continuidade “micro” (de futuro) (SCOTT; MORTIMER; AMETLLER, 2011), indicando aspectos do planejamento (*ePCK_P*) que ainda iriam ocorrer naquele encontro; e *CK* ao reafirmar que produzir atividades de modelagem requer tempo (e dedicação) do professor.

Alguns licenciandos salientaram a questão da imprevisibilidade na modelagem. Uma licencianda lembrou à Lizi sobre aspectos relacionados a uma atividade de modelagem que ela havia aplicado em outro curso, a atividade de modelagem da cola, desenvolvida na sua turma do PET. Lizi refletiu sobre tal atividade e estabeleceu relações entre ela e a de modelagem do *Suflair*:

“Então, a turma dela, eu acho que o grupo delas, chegou a propor algumas ideias sobre o modelo [para o funcionamento da cola] que ainda não tinham aparecido. E, nisso, o que acontece... como eu já trabalhei essa atividade várias vezes, têm algumas ideias que sempre surgem. Algumas ideias que vocês apresentaram aqui ainda não tinham aparecido. Eu já trabalhei com a atividade do chocolate *Suflair* várias vezes também. Eu já tinha me preparado para a imprevisibilidade. Então, enquanto professora, eu tenho que estar preparada também para lidar com o diferente, pra na hora mobilizar conhecimentos e ter estratégia para discutir com eles aquele determinado modelo independente de ter previsto ou não.”

Nesse contexto de reflexão (*ePCK_R*) sobre ações passadas nas quais promoveu a ECFM junto aos licenciandos (*ePCK_T*), e se preparando para situações de imprevistos (*ePCK_P*) Lizi acessou aspectos de seus *pPCK* e *Conhecimentos dos estudantes* para fazer afirmações a partir da intervenção da licencianda, salientando, ao comparar os dois contextos de ECFM, que algumas ideias se repetiram e outras foram inéditas.

Ao apresentar sua visão como professora que promove a ECFM no ensino de Ciências, Lizi mobilizou *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos*, destacando que professores precisam: estar preparados para lidar com situações inéditas e imprevistos, e ser sensíveis e cuidadosos para valorizar modelos e discussões sobre eles que sejam inéditos(as) ou não (TARDIF; LESSARD, 2005). Mais uma vez, entendemos que essas considerações explicitam algumas de suas intenções e objetivos principais com a oferta do curso: oportunizar situações para que os licenciandos aprendessem a modelagem a partir da aplicação de atividades deste tipo por um professor mais experiente e das vivências daí decorrentes.

Lizi parece ter se lembrado de discutir também aspectos sobre modelos porque, até então, a modelagem havia sido o foco principal das discussões:

“Pessoal, e a gente tem pensado nessa questão do modelo também. Eu falei ‘não dá pra trabalhar toda a vida com os estudantes só a modelagem’... É irreal. Também, não existe uma única estratégia que supra sozinha todos os conhecimentos e habilidades que você queira trabalhar com os estudantes.”

Entendemos que neste trecho, Lizi mobilizou *ePCK_T* e *Conhecimentos de currículo* buscando salientar que considerava impossível ensinar Ciências exclusivamente a partir de atividades de modelagem.

Em seguida, a discussão se pautou na promoção da ECFM na Educação Básica e no Ensino Superior. Neste contexto, Lizi questionou a existência de diferenças ou semelhanças nos dois contextos:

“Bom, a gente tem duas hipóteses aí, né? Ou ser semelhante ou diferir, em função dos conhecimentos adquiridos na universidade.”

Ao dizer sobre aspectos dos modelos (*ePCK_T*), Lizi manifestou também *pPCK* por informar que há diferenças entre os dois contextos e indicar que isto decorre da diferença dos graus de conhecimentos que circulam nos dois contextos. Lizi já havia indicado na entrevista inicial geral que tinha diversas experiências em ambos, por isso entendemos que ela mobilizou *pPCK*. Isto também indicou a manifestação de *Conhecimentos de currículo* porque, novamente, Lizi reconheceu a especificidade desses contextos e formas de construção de conhecimentos neles a partir do grau de instrução e de conhecimentos dos sujeitos que deles fazem parte, nos remetendo à dimensão da especialização do conhecimento (MATON; CHEN, 2017).

Na entrevista pós-quarto encontro, Lizi refletiu sobre alguns aspectos deste evento e manifestou *ePCK_R*. Por exemplo:

“Eu achei bacana, quando eu perguntei se a modelagem era interessante para os estudantes, se é bom, e eles falaram: é sim porque estudante tem que pensar! É diferente de você entregar para ele uma coisa pronta.”

Ela também destacou a participação de alguns licenciandos nesse contexto:

“O Miguel que falou aquilo, né? A fala dele foi excelente. Ele pegou exatamente essa parte: ‘olha a modelagem é diferente porque ele não tá pensando num modelo para chegar no produto, ou no objeto em si. Tem tudo o que você tem que aprender no meio do caminho, todos os processos’. É muito mais complexo. A fala dele foi muito boa. [...] A Monique já tinha falado que ‘é muito diferente; você põe o estudante pra pensar. Tanto é que a gente fica cansado’.”

A partir desta mobilização de *ePCK_R*, Lizi mobilizou também *Conhecimentos de avaliação*, ao analisar algumas falas de licenciandos advindas de processos de autorreflexão deles. Ao reproduzir tais falas, *Conhecimentos dos estudantes* e *CK* também se manifestaram em menções a processos de modelagem (como ser uma abordagem de ensino diferenciada, processual e na qual estudantes são levados a compartilhar ideias).

Lizi destacou a menção ao cansaço que pode ser gerado no processo de modelagem, apontado por Monique:

“Isso é legal de falar. Tanto é que a gente fica cansado porque a gente precisa pensar e é uma coisa que eu realmente vejo muito na modelagem. Então, se eles apresentaram essa percepção, eu acho que é muito interessante, é algo bem positivo... da discussão.”

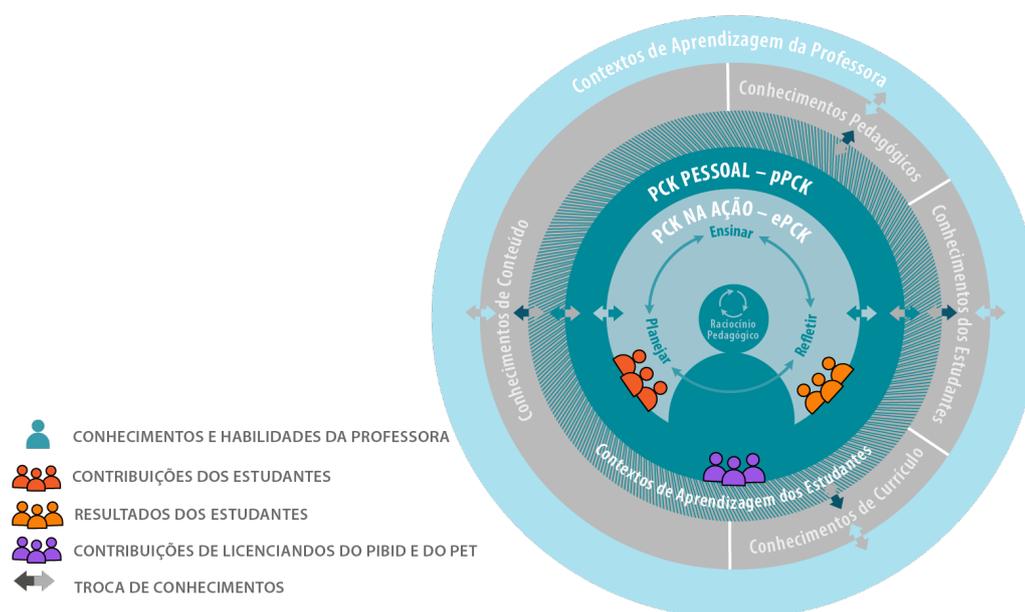
Nesta declaração de Lizi, *ePCK_R* e *pPCK* se manifestaram nas considerações sobre o que ela recorrentemente vivenciava quando realizava atividades de modelagem em sala de aula: o processo causa cansaço em estudantes, principalmente porque exige que eles pensem. Além disso, *Conhecimentos de avaliação* foram mobilizados quando Lizi afirmou serem interessantes e “positivas” as constatações dos próprios licenciandos. *Conhecimentos de avaliação* de Lizi se complementaram quando ela concluiu sobre o processo discursivo:

“Dessa discussão eu me dei muito por satisfeita. Tanto de como eles perceberam a vivência deles no processo quanto por eles perceberem como isso pode ser aplicado no ensino.”

Para finalizar a análise deste evento, pontuamos os seguintes *filtros*, percebidos a partir das declarações de Lizi: o tempo ser um fator limitante na ECFM; criar atividades de modelagem ser uma prática muito desafiadora e requerer muito tempo do professor; e ocorrer situações imprevisíveis na modelagem. Por sua vez, destacaram-se os seguintes *amplificadores*: visão dos licenciandos sobre o processo de modelagem vivenciado ter sido bastante positiva; e reconhecimento deles de fatores importantes sobre esse processo que a deixaram bastante satisfeita (aspecto motivacional que envolveu suas emoções (HAN; KIM, 2018)). Uma *crença* de Lizi também se destacou ao afirmar que, na modelagem, estudantes ficam cansados porque precisam pensar em vários fatores durante todo o processo.

Na figura 5.25, representamos os *CPD* que foram mobilizados por Lizi neste evento didático crítico.

Figura 5.25 Caracterização de CPD da professora no contexto do evento didático crítico 2 do quarto encontro



Fonte: O autor.

5.2.1.5 Macroanálise dos CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados pela Professora no Quinto Encontro e Microanálise dos Eventos Didáticos Críticos deste Encontro

No quinto encontro, Lizi planejou, aplicou e refletiu sobre diversas atividades para a ECFM dos licenciandos, práticas ricas em *CPD sobre modelos e modelagem*. Na entrevista pré-quinto encontro, ela identificou a prática central da sequência de modelagem sobre polímeros que seria realizada naquele encontro:

“O encontro de hoje foi programado para começar a [sequência de atividades de] modelagem científica. A minha ideia é que eles conheçam uma atividade que foi bolada para o Ensino Médio e eles vivenciem a experiência como estudantes do Ensino Médio.”

Evidenciando *ePCK_P*, Lizi indicou a prática de modelagem em torno da qual outras práticas e estratégias de ensino seriam mobilizadas para promover a ECFM dos licenciandos.

Nesse contexto, destacaram-se *Conhecimentos pedagógicos* a partir da explicitação de Lizi de uma das suas principais intenções com o curso – a de os licenciandos vivenciarem a modelagem como estudantes da Educação Básica – uma estratégia interessante em contextos de cursos de formação de professores. Essa não foi a primeira menção ou mobilização dessa

estratégia de ensino por Lizi para oportunizar professores em formação a vivenciar e aprender sobre práticas de modelagem para a ECFM⁷⁰.

A retomada da *crença* de Lizi relacionada a aprender aspectos da ECFM vivenciando a ECFM foi importante para trazer à luz um de nossos entendimentos sobre a relação entre *CPD sobre modelos e modelagem* e fatores que os influenciam (*contextos, crenças* etc.). Temos, com isso, evidências bastante consistentes de que, dependendo da perspectiva de Lizi, *crenças* sobre a ECFM se manifestaram de diferentes formas, a partir de diferentes *CPD* e de modo dinâmico, influenciadas por fatores distintos, tais como contextos de ensino, práticas reflexivas, sujeitos que participaram dos processos etc.

Essas dinâmicas de influências e transformações de aspectos dos *CPD* da professora não são fáceis de serem (re)interpretados a partir do que pode ser representado nas adaptações individuais do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) que apresentamos em muitas figuras nesta Tese. Tais influências são notórias apenas quando a análise é feita a partir de uma visão mais ampla de processos vivenciados pela professora em contextos de ECFM e da consideração de fatores que influenciam a mobilização de *CPD sobre modelos e modelagem* que não são representados nesses modelos (figuras adaptadas a partir do RCM).

Ainda durante a entrevista pré-quinto encontro, Lizi fez declarações gerais, em diferentes momentos, sobre como pretendia conduzir a sequência de ensino sobre polímeros:

“Você vai ver que eu vou conduzir... como para um estudante de Ensino Médio. Ao mesmo tempo em que eles vão vivenciar o processo de modelagem, que eu espero que eles tenham aquela vivência de modelar como os estudantes do Ensino Médio tiveram, eu quero que eles façam uma reflexão do outro papel, do outro lado. Que eles vivenciem como estudantes e pensem em como aplicar aquilo, vivenciem como estudantes e reflitam sobre como aplicar aquilo, por ser um foco diferente, né? Isso, faz parte do processo.

⁷⁰ Lizi também salientou que para um professor aprender a conduzir atividades de modelagem, é preciso que ele vivencie atividades de modelagem. Com isso ela acreditava que o professor “tem que fazer para aprender a fazer”, algo que foi expresso por ela algumas vezes (por exemplo, nos contextos de “Mudanças na Trajetória Docente da Professora Relacionadas às Práticas para Promover a ECFM”, “Caracterização de CPD sobre Modelos e Modelagem e as *Affordances* da ECFM na Perspectiva da Professora” e “contexto do evento didático crítico 2 do quarto encontro”). Neste contexto, esta *crença* foi influenciada por seus *pPCK*, adquiridos principalmente com a prática, mas complementados com estudos teóricos. Lizi também salientou (evento didático crítico 4 do terceiro encontro) que seu planejamento para o próximo encontro visava associar as vivências dos licenciandos no processo de modelagem (do *Suflair*) ao desenvolvimento de modelos nas Ciências. Depois disso, planejava promover discussões sobre como a ECFM pode ser pensada na perspectiva de ensino, ou seja, colocando em prática essa *crença* (professores precisam vivenciar e aprender a ECFM) também declarada no evento didático crítico 3 do quarto encontro.

Então, eles modelam num pedaço [da sequência], a gente para. Eles socializam os modelos e eu vou conduzir uma reflexão sobre “e o estudante do Ensino Médio? Será que eles têm os mesmos pré-requisitos? Os mesmos conhecimentos prévios que vocês? O que é de diferente? Como isso impactaria o desenvolvimento do modelo? E em que vocês acham que vocês foram melhores ou piores do que um estudante do Ensino Médio? Ou acham que não teria diferença no nível de conhecimento que vocês têm?”... A discussão seria mais nisso: eles pensarem como seria lá com os estudantes do Ensino Médio.

Ah! E eu vou chamar atenção também até para a condução que eu vou fazer, pensando “olha, e vocês como vocês conduziram [as atividades]? Vocês acham que seria interessante conduzir da mesma forma que eu estou fazendo?”. Isso para eles pensarem na ação docente.”

Nestes três trechos, observamos a manifestação de diversos *CPD* a partir do planejamento (*ePCK_P*) e reflexões (*ePCK_R*), fundamentados na sua *crença* (de que, na ECFM, é preciso fazer para aprender a fazer), tais como: *pPCK*, ao destacar algumas de suas experiências com a ECFM nesse contexto de planejamento e reflexão; *CK*, ao salientar aspectos importantes da ECFM no contexto de formação de professores (por exemplo, uso de conhecimentos prévios na modelagem); *Conhecimentos pedagógicos*, ao evidenciar as estratégias de ensino para conduzir a modelagem; *Conhecimentos de currículo*, ao indicar etapas do encontro, da sequência e de atividades que iria aplicar; *Conhecimentos de currículo*, ao salientar conhecimentos sobre a ECFM que os licenciandos devem aprender.

Além disso, destacamos a tênue diferença entre os *CPD* que foram caracterizados nesses trechos e como essa caracterização depende do que Lizi enfatizou em seu discurso. Por exemplo, esses trechos, respectivamente, sintetizam: (i) como licenciandos podem, ou o que eles devem, aprender (ou o que eles têm que pensar) sobre ser um professor de Ciências aplicando atividades de modelagem; (ii) como ela pretendia usar a estratégia para promover essa aprendizagem; e (iii) como eles “avaliariam” a condução dela e, a partir disso, poderiam pensar sobre como eles conduziram processos de ECFM.

Liz também apresentou suas expectativas para o quinto encontro, considerando o que havia planejado:

“Então, a minha expectativa é que eles consigam desenvolver uma ideia dos modelos [sobre polímeros], mas que eles também consigam perceber o potencial dessa prática para estudantes e vejam, inclusive, possíveis diferenças do processo de elaboração de modelos deles e dos estudantes do Ensino Médio, principalmente em relação aos conhecimentos prévios. [Outra das] minhas expectativas é que eles usem mais conhecimento de [Química] Orgânica. Eu não sei se isso vai acontecer, mas eu realmente espero que eles incorporem conhecimentos de [Química] Orgânica para conseguir explicar a

diferença desses polímeros. Essas expectativas têm a ver com a formação deles mesmo.”

Ao mobilizar esses $ePCK_P$ e $ePCK_R$, Lizi expressou suas expectativas de que os licenciandos desenvolvessem ideias durante a modelagem, além de refletirem sobre o potencial dessa prática para estudantes da Educação Básica (CK , *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos dos estudantes*); apontassem possíveis diferenças e/ou semelhanças entre o envolvimento deles e de estudantes da Educação Básica na elaboração de modelos, principalmente com relação ao uso de conhecimentos prévios (*Conhecimentos pedagógicos* e $pPCK^{71}$); utilizassem conhecimentos da área de Química Orgânica na elaboração de seus modelos (*Conhecimentos de currículo*), por saber que eles estudaram disciplinas desta área e pelo fato de a temática da modelagem favorecer isso (*Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos de currículo*). Essas considerações foram influenciadas por suas reflexões ($ePCK_R$) sobre como os licenciandos utilizaram conhecimentos científicos na atividade de modelagem de contexto cotidiano (*Suflair*), como evidenciado no trecho a seguir:

“Na atividade do *Suflair*, pelo contrário, eu achei que eles não usaram conhecimentos de Química. Se eu for olhar pela atividade do *Suflair*, a minha expectativa deles usarem conhecimentos químicos é até baixa. Mas é mesmo pelo objetivo da atividade porque ela fala especificamente para eles modelarem como são as moléculas dos polímeros e como eles se comportam. É um comando bem direcionado para o aspecto químico. E pensando que eles fizeram [Química] Orgânica recentemente, a minha expectativa maior é deles usarem tais conhecimentos.”

Esta reflexão evidenciou a manifestação de $ePCK_R$, $pPCK$ (ao fazer uma previsão a partir de uma prática de modelagem aplicada no passado), assim como *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos de avaliação* (ao destacar ações dos licenciandos e avaliar que eles não usaram conhecimentos de Química naquele contexto de modelagem). *Conhecimentos de currículo* também se manifestaram a partir de algumas considerações claras de Lizi sobre: suscitar uma discussão sobre o uso de conhecimentos prévios que dependem de níveis de escolarização distintos; discutir possibilidades de uso de conhecimentos científicos a partir de processos de modelagem de contextos diferentes (cotidiano e científico); e destacar comandos das atividades que direcionavam estudantes para a mobilização de conhecimentos específicos (por exemplo, cotidianos ou científicos).

⁷¹ Os $pPCK$ se caracterizam neste contexto a partir da perspectiva da professora e não dos licenciandos.

Essa reflexão evidencia também algumas das principais características de modelagem de contexto cotidiano e modelagem de contexto científico, o que, inclusive nos ajuda a diferenciá-las: a extensão em que as questões direcionam para a mobilização de tipos diferentes de conhecimentos. No caso da modelagem de contexto cotidiano, os comandos são preferencialmente direcionados para a mobilização de conhecimentos cotidianos, complementados com conhecimentos científicos. Por outro lado, na modelagem de contexto científico, conhecimentos científicos são exigidos dos estudantes durante todo o processo, podendo ser complementados com conhecimentos cotidianos.

Novamente, Lizi evidenciou ter consciência de que o grau de especialização de estudantes influencia o uso de conhecimentos que eles possuem (MATON; CHEN, 2017) e como isto pode influenciar na ECFM. Relacionado a isto, Lizi considerou que a orientação explícita sobre o uso de conhecimentos químicos no comando da atividade potencializava o uso desse tipo de conhecimento pelos estudantes (algo não ocorrido na modelagem do processo de produção do chocolate *Suflair*⁷²). Por isso, entendemos que, na perspectiva de Lizi, este aspecto da atividade é um amplificador, vistas suas intenções e objetivos relacionados ao uso de conhecimentos científicos por estudantes nos processos de modelagem.

No quinto encontro, Lizi colocou em prática o que havia planejado. De um modo geral, a condução desse encontro aconteceu com Lizi retomando as discussões sobre a modelagem do processo de produção do chocolate *Suflair*, principalmente avaliando os modelos produzidos pelos licenciandos (*Conhecimentos de avaliação*); introduzindo e discutindo com eles a temática do segundo processo de modelagem: plásticos; e promovendo discussões sobre algumas atividades da sequência de ensino de modelagem sobre polímeros. Tal condução fundamenta o mapa de episódios do quinto encontro, apresentado no quadro 5.7.

⁷² A instrução e orientação sobre a modelagem do *Suflair* foi feita oralmente por Lizi. Naquele contexto, ela não direcionou os licenciandos para o uso de quaisquer tipos de conhecimentos (por exemplo, cotidianos, científicos ou sociocientíficos) nem indicou na instrução que seria uma modelagem de contexto cotidiano.

Quadro 5.7 Mapa de episódios do quinto encontro do curso. (continua)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
1	Avaliação de aspectos dos modelos apresentados pelos licenciandos para o processo de produção do chocolate <i>Suflair</i> .	CK; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de avaliação; pPCK; ePCK _T ; ePCK _R	-
2	Retomada da temática polímeros.	-	-
3	Discussão sobre a legislação referente ao descarte de lixo.	-	-
4	Organização dos licenciandos para início das atividades de modelagem dos polímeros.	CK; Conhecimentos pedagógicos; ePCK _T	-
5	Realização da atividade de previsão para a tentativa de dobra de pedaços de sacola plástica, de capa de encadernação (de plástico) e de carcaça de TV.	Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; CK; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Amplificadores: introduzir pedaços de capa de encadernação (de plástico) e explicar os motivos disso podem ter diminuído as chances de os licenciandos cometerem os mesmos equívocos que os estudantes do Ensino Médio cometeram.
6	Elaboração de modelo(s) que explique(m), no nível submicroscópico, o que aconteceu com os materiais plásticos após o experimento de tentativa de dobra.	CK; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de avaliação; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	-

Quadro 5.7 Mapa de episódios do quinto encontro do curso. (continuação)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
7	Apresentação, comunicação e discussão dos modelos elaborados pelos licenciandos para explicar o comportamento dos plásticos após o experimento de tentativa de dobra.	CK; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de avaliação; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T	Filtros: perceber que a Química do Ensino Superior parecia não fazer sentido para os licenciandos; e tempo longo dispendido por eles para realizar as atividades. Amplificadores: ter ficado motivada e satisfeita com o feedback de um licenciando; e sua estratégia de se sentar em meio aos licenciandos ouvintes enquanto os outros apresentavam seus modelos. Identidade docente: promover a ECFM pautada no Construtivismo.
8	Reprodução do vídeo sobre aquecimento dos materiais pedaços de sacola plástica e carcaça de TV.	CK; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de avaliação; cPCK; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Filtros: desafios extraclasse enfrentados por Lizi (tais como sua condição de saúde; seu cansaço no dia anterior; sua correria na manhã do encontro; seu esquecimento de salvar o vídeo da atividade experimental do aquecimento de plásticos); e tempo. Amplificadores: usar a estratégia de levar um isqueiro para promover o aquecimento dos materiais; optar por usar o vídeo que demonstrava o experimento de aquecimento dos plásticos; e tempo. Crenças: não se preocupar tanto com o tempo que gasta desde que os processos de modelagem estejam sendo produtivos; realizar experimentos ao vivo é mais significativo do que utilizar videogravação dos mesmos; e acreditar que é fundamental ter respeito com estudantes.

Fonte: O autor.

No quinto encontro, contendo 8 episódios, Lizi desenvolveu várias atividades para guiar o processo de modelagem sobre polímeros. Analisando o mapa de episódios (quadro 5.6), os roteiros das atividades e a observação da aplicação das mesmas neste encontro, percebemos que este processo de modelagem é mais complexo do que o de modelagem do *Suflair* (quadros 5.5 e 5.6) e indicam aspectos de uma autêntica sequência de ensino para modelagem de contexto científico. Na maioria dos episódios do quinto encontro em que Lizi mobilizou CPD, isto ocorreu em configurações complexas, com a manifestação simultânea e/ou relacionada de variados tipos.

Uma situação que merece nossa atenção ocorreu no episódio 8, contexto de reprodução do vídeo sobre aquecimento dos materiais plásticos. Após exibir o vídeo de aquecimento dos plásticos, Lizi encerrou o encontro, porém permitiu que uma licencianda realizasse a queima de pedaços desse material em sala de aula e chamou a atenção dos estudantes para o que ela fazia: “Observem o que está acontecendo lá [na queima]”⁷³.

Lizi explicou, na entrevista pós-quinto encontro o porquê de, garantidas as observações de aquecimento, ela ter autorizado a licencianda a aquecer e queimar os materiais:

“Aí eu achei bacana usar por isso [vídeo], porque eles perceberam que era aquecimento, que não era queima. Mas, ao mesmo tempo, aconteceu aqui o que aconteceu no Ensino Médio: que ainda assim, os estudantes foram lá e pediram para queimar [os plásticos] porque a experiência ao vivo, ela é diferente. Então, a riqueza de detalhes que produz, quer dizer, a Dalva chegou, esquentou a sacolinha aí viu que ela enruga. Aí depois, ela falou ‘ah, mas a sacolinha não pinga’. Aí, eu falei ‘embola mais a sacolinha’... [...] E aí, eu achei legal que ela teve a curiosidade de queimar a capa de encadernação e, na capa, foi ótimo porque deu pra ver escorrer o plástico [...] e ela percebeu que fundiu, enquanto, na carcaça de TV, ela passou o dedo e falou ‘mas não tá derretido, parece que carbonizou’. Pra você ver, por melhor que seja o vídeo, mais seguro, elas não tinham essa experiência, essa visualização pelo vídeo. Então, eu liberei a experiência no momento também porque achei que seria interessante. Eu até já previa que, mesmo com o vídeo, eles fariam a queima.”

Lizi comparou a situação de queima dos materiais no curso com a mesma situação ocorrida no contexto de aplicação da sequência no Ensino Médio. Essa comparação indicou a mobilização de *pPCK*. Também se manifestaram: *ePCK_R* e *Conhecimentos pedagógicos*, a partir das reflexões que subsidiaram a descrição feita por ela sobre como conduziu a queima dos materiais; *ePCK_R* e *Conhecimentos dos estudantes*, quando ela refletiu e enfatizou como os licenciandos se comportaram frente ao experiment; *ePCK_P*, por ter previsto interesses dos licenciandos na queima dos materiais; e *Conhecimentos de avaliação*, ao julgar positivamente a performance da licencianda no contexto experimental, ao ter a curiosidade de queimar o material. Finalizando, ela refletiu sobre o tempo:

“Engraçado, eu não aprendo mesmo, o tempo sempre foge, mas eu não me desespero. Eu acho que quando o processo tá bacana, tá produtivo, eu também não tenho essa fixação de que tem que seguir naquele tempo. Antes dessa [atividade] do aquecimento, entre uma atividade e outra, eu pensei em dar uma

⁷³ Ao aquecer com o isqueiro um pedaço de sacola plástica, foi possível observar a formação de um líquido preto viscoso. O aquecimento do pedaço de carcaça de TV não apresentou alterações no objeto. Ao queimar o pedaço de sacola, eles observaram a formação de fumaça e de um líquido que escorria no material. Queimando o pedaço de carcaça de TV, ela também liberou fumaça preta.

discutida com eles, do que eu tinha te falado⁷⁴. Quando eu comecei a ver que o tempo estava passando mais rápido, aí na hora, eu já mudei o planejamento. Porque a minha intenção era discutir hoje. Aí, [como não deu tempo] eu já passei para a semana que vem. Então, eles vão, primeiro, apresentar o modelo com aquecimento... vou deixar a questão do pneu, e aí, eu vou fazer a discussão só no final. Eu acho que não vai ter prejuízo de fazer isso não.”

Esses *ePCK_R* se manifestaram a partir de suas reflexões sobre o fato de o tempo sempre fugir ao seu controle, impedindo que ela siga seu planejamento tal como foi idealizado. Ao explicar como o tempo influenciou na dinâmica deste evento, Lizi mobilizou também: *ePCK_P*, ao apresentar detalhes de mudanças feitas no planejamento e os desdobramentos disso no próximo encontro; *Conhecimentos pedagógicos* a partir da mobilização de estratégias para amenizar o problema do tempo (como não aplicar algumas atividades planejadas naquele encontro); e *Conhecimentos de currículo* ao reajustar a programação das atividades do quinto encontro e reprogramar a discussão de outras atividades para o sexto encontro.

Além disto, outro fator importante pode ser observado no que diz respeito à influência do tempo no contexto de promoção da ECFM. Pelo que Lizi afirmou, tal influência causou situações de reflexão (*ePCK_R*) e reformulação do planejamento (*ePCK_P*) no momento da ação fazendo com que ela agisse (*ePCK_T*) no sentido de se reprogramar quando tomou consciência que não conseguiria agir como planejado. Isso influenciou no ciclo de raciocínio pedagógico (completo) que gerou um movimento de manifestação de *CPD* do centro do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) para as bordas, resultando, por exemplo, na mobilização de estratégias de ensino (*Conhecimentos pedagógicos*) e alteração do currículo (*Conhecimentos de currículo*), diferentes do planejado.

Lizi seguiu refletindo sobre o tempo:

“Mas, mais uma vez, o meu tempo... foi embora. Por isso, inclusive, que eu pedi para eles já irem pensando sobre o experimento de aquecimento que demonstrei e só apresentarem os modelos a partir disso na quarta [da semana que vem] porque, senão, eu não vou conseguir fechar isso antes de tirar licença. Como eu sei que eles se encontram com facilidade em outros momentos, espero que eles discutam extraclasse e, na quarta, eu venho com uma coisa mais desenvolvida para apresentar e a gente fazer a [atividade] do pneu logo depois.”

⁷⁴ No início deste tópico, Lizi havia explicado que seu planejamento para o quinto encontro era conduzir a sequência de modelagem sobre polímeros, como para estudantes do Ensino Médio e refletir junto aos licenciandos sobre cada uma delas, sucessivamente; promover a reflexão dos licenciandos sobre diferentes aspectos da ECFM na perspectiva de ensino ao vivenciarem cada atividade; e promover uma reflexão deles sobre como ela estava conduzindo o processo de modelagem durante as atividades.

Nessa reflexão (*ePCK_R*), Lizi manifestou *Conhecimentos pedagógicos* ao explicar a estratégia usada de solicitar que eles pensassem no modelo e no novo experimento (de aquecimento) extraclasse (para que fosse possível terminar o curso no tempo disponível). Além disso, Lizi manifestou *ePCK_P* e *Conhecimentos de currículo*, ao indicar a mudança da estratégia (planejada) e como isto influenciava no planejamento do próximo encontro.

Lizi também refletiu (*ePCK_R*) sobre a mobilização de conhecimentos pelos licenciandos na comunicação de seus modelos:

“Olha, sinceramente, é impressionante como o conhecimento do Ensino Superior parece que não faz mais sentido ou não é... mais significativo do que o que eles adquiriram no Ensino Médio. Porque os conceitos que eles trabalharam hoje, estudantes de Ensino Médio que tenham um bom domínio de conteúdo conseguem trabalhar com esses mesmos conceitos.”

Lizi ficou impressionada com como os licenciandos não utilizaram conhecimentos do Ensino Superior na elaboração e comunicação de seus modelos. Ela mobilizou *Conhecimentos de avaliação*, ao destacar o não uso de conhecimentos especializados que eles possuíam (MATON; CHEN, 2017) (considerando as disciplinas já cursadas). Ao destacar que estudantes do Ensino Médio com domínio de conteúdos conseguem trabalhar a mesma atividade usando os mesmos conceitos, Lizi nos fez entender que mobilizou também *pPCK*, visto que essa comparação só poderia ser feita a partir de suas experiências anteriores com esse outro público, algo que realmente aconteceu no ano anterior.

Esta situação evidencia uma percepção de Lizi sobre os CK sobre conteúdos científicos que os licenciandos apresentaram durante a elaboração e comunicação dos seus modelos. Para isto, retomamos as considerações de Shulman (1986) sobre as estruturas dos CK nas disciplinas (substantivas) e as estruturas dos sujeitos frente a esses conhecimentos (sintáticas). Essas percepções de Lizi se aproximam do que Shulman (1986) destaca sobre a relação entre os CK e os modos como professores compreendem os conteúdos que ensinam. Neste caso, salientamos que o contexto de ensino e aprendizagem de Lizi é um contexto no qual sua intenção recai sobre os conhecimentos sobre modelos e modelagem e não sobre os CK relacionados aos objetos de estudo. Isto ficou evidente quando Lizi, mesmo observando que os licenciandos não exploraram conteúdos mais sofisticados, apresentando conhecimentos de nível básico, não explorou tais conhecimentos (mais especializados) no curso ou não buscou instigar a mobilização desses conhecimentos pelos licenciandos. Isto nos faz considerar, novamente, suas intenções com o curso: contribuir para que os licenciandos construíssem conhecimentos sobre aspectos da ECFM, com foco nas práticas de modelagem. Além disso, nos remete às suas considerações

sobre como planeja cursos de curta duração para a formação de professores, selecionando, por exemplo, sequências de modelagem simples (ver subtópico 5.1.4.2).

Neste evento, fatores que influenciaram na prática de Lizi foram: os *filtros*: perceber que a Química do Ensino Superior parecia não fazer sentido para os licenciandos no contexto de elaboração de modelos e o tempo, relacionado ao longo processo de comunicação dos modelos; e os *amplificadores*: sua motivação por ter ficado satisfeita com um *feedback* feito por um licenciando, e sua estratégia de se sentar em meio aos licenciandos ouvintes enquanto os outros apresentavam seus modelos.

Essa estratégia de sentar-se junto aos ouvintes, caracterizada neste evento tanto como a manifestação de *Conhecimentos pedagógicos* quanto como um *amplificador* no processo, destacou também uma abordagem de ensino adotada por Lizi e que foi perceptível no contexto do curso: a orientação de sua prática na ECFM pelo Construtivismo, parte de sua *identidade docente*. Tal *identidade* ficou ainda mais explícita quando observamos que Lizi buscou: valorizar a participação ativa dos licenciandos, protagonistas na comunicação dos modelos, seja apresentando modelos seja questionando os colegas que apresentavam; e fomentar mais discussões ou encorajar a participação de todos nas discussões, assumindo a postura de ouvinte e não de alguém que estava avaliando o processo.

Na entrevista pré-sexto encontro, Lizi confirmou como sua decisão de solicitar que os licenciandos fizessem parte da atividade de modelagem relacionada ao aquecimento dos materiais de plástico em casa impactou no planejamento do sexto encontro:

“O que eu já tive que fazer foi, solicitar na aula passada que eles pensassem nos modelos dos plásticos após o aquecimento. Quando eu vi que o pessoal demorou um pouco mais, aí, eu já fiz essa mudança que impacta no encontro de hoje. O fato de eu ter chegado até o experimento, deixar que eles pensassem ao longo da semana, isso foi uma mudança também no sentido de adequar, de tentar agilizar. O resto está dentro do previsto, do planejado.”

Mais uma vez, Lizi manifestou *Conhecimentos de currículo*, indicando que seus objetivos também eram adequar ao tempo e agilizar o desenvolvimento da sequência; e *Conhecimentos pedagógicos*, com as estratégias adotadas em uma perspectiva compensatória de ajuste e adequação ao seu cronograma. Ela também manifestou *ePCK_R* ao indicar que refletiu durante a atividade e parece ter percebido que alterar o planejamento seria a melhor solução, mesmo impactando no sexto encontro.

Uma série de desafios extraclasse, enfrentados por Lizi, influenciou negativamente no planejamento e seleção de materiais para a realização do experimento sendo, assim,

caracterizados como *filtros*. Dentre eles identificamos: (i) sua condição de saúde; (ii) seu cansaço no dia anterior; (iii) sua correria na manhã do encontro; (iv) sua preocupação gerada pelo esquecimento de salvar o vídeo da atividade experimental do aquecimento de plásticos. Outro *filtro* foi caracterizado em relação ao tempo. Isto ocorreu algumas vezes quando Lizi: teve receio em não conseguir desenvolver as atividades planejadas para o curso vista a iminência de seu afastamento temporário do trabalho; considerou que o desenrolar do encontro em geral ocorreu rápido demais; e se reprogramou, replanejando atividades que não puderam ser realizadas.

Por outro lado, consciente desses desafios, Lizi planejou e mobilizou estratégias e ações que se caracterizaram como *amplificadores*, tais como: usar a estratégia de levar um isqueiro para promover o aquecimento dos materiais (o que garantiu a observação do aquecimento dos plásticos em sala de aula); e optar por usar o vídeo que demonstrava o experimento de aquecimento desses materiais (porque assim ela não precisaria mobilizar aparatos experimentais (por exemplo, bico de Bunsen) na sala de aula e garantia melhor controle de variáveis com a demonstração). *Amplificadores* relacionados ao fator tempo, também se caracterizaram quando Lizi: optou por alterar a sequência de atividades ao perceber que não seria possível realizá-las (podendo explorá-las melhor em outro momento); e afirmou que não se desesperava com o tempo dispendido nas atividades.

Uma constatação interessante é que a maioria dos *filtros* e *amplificadores* identificados neste evento têm origem em ações promovidas pela professora. Na literatura da área de Educação em Ciências, *filtros* e *amplificadores* são associados às orientações e crenças dos professores (GESS-NEWSOME, 2015), adicionando-se recentemente a esses, atitudes, conhecimentos, experiências de suas próprias salas de aula e os próprios contextos (CARLSON; DAEHLER, 2019; CARLSON *et al.*, 2019).

Mesmo não encontrando referências nesta literatura sobre considerações de ações específicas como *filtros* ou *amplificadores*, entendemos que isto é possível porque Lizi agiu de maneira a ter mais sucesso na promoção da ECFM do que se não tivesse tomado algumas decisões por meio dessas ações.

Duas *crenças* de Lizi foram identificadas neste evento: não se preocupar tanto com o tempo que gasta frente a processos de modelagem que estejam sendo produtivos (*crença* que também tem característica de *amplificador*); e acreditar que é fundamental ter respeito aos estudantes.

Chamamos a atenção do leitor para a situação específica que ocorreu neste evento que se relacionou ao fato de Lizi permitir a realização da queima dos plásticos em sala de aula. Por ora, informamos que isto teve uma grande influência no desenvolver de todo o resto do processo de modelagem sobre polímeros, ou seja, tanto os materiais quanto as ações e o processo causaram uma transformação em ações mediadas (WERTSCH, 1998) futuras, ocorridas no sexto encontro do curso e que serão melhor explicadas e discutidas na sequência deste capítulo.

Para a microanálise, selecionamos dois eventos didáticos críticos. Antes do primeiro evento, Lizi promoveu atividades experimentais para que os licenciandos pudessem ter evidências sobre propriedades dos plásticos que seriam importantes para que eles se envolvessem nas etapas do processo, principalmente na *criação* de protomodelos, *teste* e *expressão* (GILBERT; JUSTI, 2016).

5.2.1.5.1 Evento Didático Crítico 1 do Quinto Encontro: Elaboração de Modelo(s) pelos Licenciandos para Explicar, no Nível Submicroscópico, o Comportamento dos Plásticos a partir dos Experimentos de Dobra dos Materiais

O *evento didático crítico 1* do quinto encontro envolveu orientações de Lizi aos licenciandos e a condução deles no primeiro processo de elaboração de modelo(s) da sequência de modelagem dos polímeros, ocorridas no episódio 6. Consideramos este evento como crítico por se configurar a partir das primeiras orientações feitas aos licenciandos que, em seguida, vivenciariam um processo (mais longo) de modelagem envolvendo um contexto científico: a modelagem sobre polímeros. Para isto, Lizi iniciou o evento explicando aos licenciandos os procedimentos iniciais do processo:

“Mas a gente vai passar para uma primeira etapa agora que é... pensando mais no [nível] submicroscópico, que é vocês pensarem em o que acontece quando vocês estão dobrando os materiais plásticos. Cada grupo vai discutir agora e pensar em como esses materiais são constituídos a ponto de conferir essas propriedades a eles. Nesse momento, vocês vão poder utilizar qualquer recurso que vocês tenham disponível. Se alguém tiver um computador, se quiser usar o *ChemDraw*⁷⁵, pode usar, se quiser fazer uma figura, se quiser usar o quadro, pode ficar à vontade.”

Nesse contexto de instrução, $ePCK_T$ de Lizi se manifestaram em conjunto com: *Conhecimentos de currículo*, ao direcionar a elaboração de modelos no nível submicroscópico; e *Conhecimentos pedagógicos*, indicando que a atividade deveria ser realizada em grupo, por

⁷⁵ *Software* que apresenta ferramentas que permitem desenhar estruturas químicas e reações.

disponibilizar vários materiais e deixá-los escolher o que usar (além de sugerir o uso de outros recursos, tais como *softwares* de computadores) e por oferecer a eles diferentes formas de representar seus modelos.

Um licenciando pediu a palavra, pegou um pedaço de capa de encadernação e enfatizou aspectos de suas propriedades em termos de elasticidade, número de camadas, polimerização, e constante elástica, além de repulsão eletrostática entre as partículas dos materiais. Uma licenciada salientou que estava considerando mais a influência de interações intermoleculares nos materiais do que aspectos de suas composições. Por estarem pensando em ideias para fundamentar a elaboração de seus modelos, os licenciandos já estavam iniciando processos de *criação* de protomodelos⁷⁶, Lizi aproveitou a discussão dos dois licenciandos para tecer considerações e dar mais orientações à turma:

“Então, considerem isso, considerem o que vocês pensam na elaboração dos modelos. O Miguel e a Monique não estão falando coisas opostas. Vocês podem dialogar em relação a isso, né? O Miguel considerou as forças repulsivas, mas vocês podem considerar todas as forças existentes, ok? Então, pensando nisso, eu quero que vocês desenvolvam um modelo e, logo em seguida, vocês vão mostrar para a turma explicando principalmente porque vocês conseguem dobrar um material e, o outro, vocês não conseguem dobrar. Mas levando para esse lado submicroscópico, em termos de composição, de constituição, de como as partículas estão ali no meio.”

Além de *ePCK_T* mobilizados por Lizi neste trecho se manifestaram: (i) *Conhecimentos pedagógicos*, a partir das estratégias de lembrar aos licenciandos que suas ideias poderiam ajudar no processo de elaboração de modelos e de usar as próprias falas deles para orientá-los sobre o que fazer naquela etapa (*criação*) e em outras etapas na modelagem; (ii) *Conhecimentos de avaliação*, a partir da avaliação primária sobre aspectos para fundamentar a criação de seus modelos, mesmo sem justificar, ou seja, apenas reconhecendo que os licenciandos que se pronunciaram não se basearam em ideias opostas; e (iii) *CK*, tanto sobre explicitar que não há ideia certa ou errada naquele processo de modelagem quanto sobre considerar e valorizar o que eles estavam pensando (processo criativo e de pensamento, tal como afirmam Gilbert e Justi (2016)).

⁷⁶ Esse processo se fundamentou em mobilização desses licenciandos de seus conhecimentos prévios sobre a entidade a ser modelada (materiais plásticos que tinham em mãos), conhecimentos científicos (como propriedades daquele tipo de material), evidências de características e comportamentos dos materiais frente a aspectos sensoriais (por exemplo, espessura e aspectos visíveis) e experimentais (tentativa de dobra).

Em seguida, Lizi apresentou aos licenciandos os recursos materiais, cuja função era pedagógica naquele contexto, podendo ser usados por eles na elaboração dos modelos:

“Eu trouxe para quem quiser usar, fiquem à vontade. Às vezes é necessário pensar em um modelo 3D. Eu trouxe massinha, bolinha de isopor, palito, eu tinha até pensado em trazer um *Atom Link*⁷⁷, mas ele é limitado. E fora que eu não tinha a quantidade suficiente. Mas se vocês quiserem usar... porque depois, vocês vão ter que apresentar os modelos para os colegas. Tá aqui, e se vocês quiserem desenhar essas coisas, colorir, vocês podem ficar à vontade.”

Neste trecho, Lizi mobilizou $ePCK_T$, concomitantes a: (i) *Conhecimentos pedagógicos*, a partir da estratégia de oferecer recursos educacionais aos licenciandos para serem usados na expressão dos modelos e por, novamente, sugerir que eles utilizassem variadas formas de representação; (ii) *Conhecimentos de currículo*, frente à evidência de escolha criteriosa de recursos educacionais em potencial para uso durante o processo; e (iii) *CK*, ao explicitar modos possíveis de expressar ou representar os modelos (por exemplo, em 3D ou em desenhos).

Novamente, enfatizamos como as ações de Lizi são coerentes com seus conhecimentos sobre a importância de recursos educacionais na ação mediada (WERTSCH, 1998) em contextos de ECFM, dessa vez complementados com a consideração da importância da representação na ECFM (inclusive, isto foi o aspecto central abordado por ela no evento didático crítico 1 do terceiro encontro). Ambos os conhecimentos, adquiridos primeiramente no contexto de seu Mestrado, se expressaram nas ações de Lizi de disponibilizar outros recursos (tais como massinha, bolas de isopor etc.) e orientar para o uso de representações no processo de modelagem (constituído por várias ações mediadas por esses ou outros recursos).

Entendemos que este evento foi uma situação na qual Lizi colocou em prática, por meio da mobilização de $ePCK_T$ (orientando os licenciandos), alguns de seus conhecimentos teóricos (adquiridos a partir de $cPCK$ e $pPCK$) e práticos (mobilizando $pPCK$ e $ePCK$ em contextos de ECFM anteriores, como ocorreu no evento didático crítico 1 do terceiro encontro).

Após essas orientações, os licenciandos discutiram e elaboraram seus modelos. Lizi passava nos grupos e discutia com eles alguns aspectos do processo tecendo comentários, fazendo perguntas sobre conceitos científicos que eles discutiam no momento e sobre aspectos das representações que eles criavam, solicitando justificativas para alguns aspectos ou ideias que eles apresentavam, questionando sobre algum ponto que merecia melhor reflexão. Essas

⁷⁷ Mais conhecidos como modelos atômicos ou modelos moleculares. Os mais comuns são aqueles do tipo bola e do tipo bola-vareta.

ações de Lizi, além de evidenciarem *ePCK_T*, evidenciaram também *Conhecimentos pedagógicos*, observada a sua estratégia de acompanhar de perto como os licenciandos estavam se envolvendo e realizando os processos.

No contexto de entrevista pós-quinto encontro, Lizi apresentou sua percepção sobre como os licenciandos utilizaram os recursos educacionais que ela havia disponibilizado:

“Eu trouxe o giz de cera, massinha, bolinha de isopor, palitos de dente... Aí... eu ainda falei “quadro, se vocês quiserem usar, papel e até no computador” porque eu sei que alguns deles têm o *ChemDraw*, talvez eles tivessem mais facilidade em desenhar no computador, mas não foi o caso. Eu achei até interessante porque um grupo, a princípio, falou que não queria montar modelos em 3D, mas na hora que eu falei que eles teriam que explicar, no quadro, verbal... eu percebi que... inclusive, é uma pergunta que eu vou fazer pra eles... Eles pegaram as bolinhas, eu acho que no sentido de facilitar a demonstração para os colegas, uma tentativa de trazer uma demonstração mais didática. É a minha interpretação, é claro, mas eu vou questioná-los, saber com mais segurança por que eles fizeram essas escolhas.”

Refletindo sobre o processo (*ePCK_R*), Lizi levantou hipóteses sobre o que os licenciandos poderiam ter pensado ou o porquê de optarem por usar ou não alguns recursos disponíveis. Isso indicou uma tentativa de adquirir *Conhecimentos dos estudantes*, ao imaginar o que eles poderiam ter pensado. Diante disso, ela planejou perguntar-lhes sobre suas escolhas visando compreender o que eles pensaram durante a elaboração de seus modelos – o que indicou a mobilização de *ePCK_P* e *Conhecimentos pedagógicos*.

Outro ponto de destaque sobre a disponibilização de recursos educacionais e orientações de Lizi para que os licenciandos elaborassem seus modelos foi a diversidade de possibilidades de uso de multimodos de comunicação que ela sugeriu a eles.

Em uma pesquisa recente, Bicalho, Oliveira e Justi (2022) constataram que, dentre vários fatores, os modos de se instruir estudantes para participar de atividades de modelagem se constituem em um elemento essencial para que eles possam comunicar suas ideias produzindo representações que expressem seus modelos de modo mais completo possível. Para esses autores isso também pode favorecer a mobilização, por parte de estudantes, de modos e submodos de representação e as consequentes aprendizagens daí derivadas. Esta parece ter sido uma preocupação consciente de Lizi ao mobilizar todo esse repertório de *CPD* neste evento.

Refletindo sobre o tempo do encontro (*ePCK_R*) que a atividade de modelagem demandou, Lizi constatou que:

“Agora, entra ano, sai ano, estou na modelagem e eu não aprendo que isso toma muito tempo. Eu achei que a montagem dos modelos seria muito mais rápida. Se bem que foi bacana, porque eu consegui acompanhar nos grupos.”

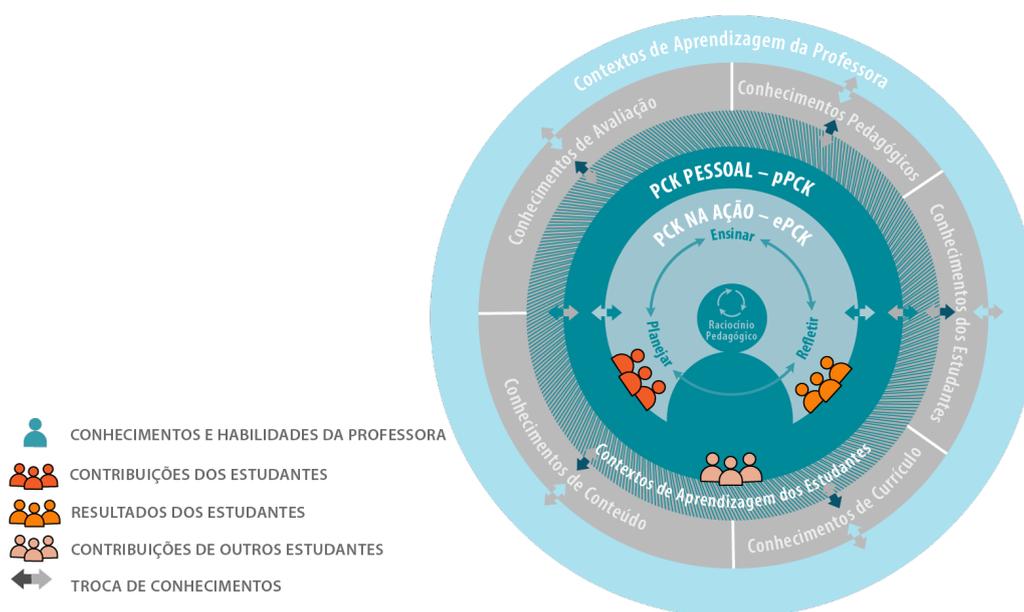
Com essa reflexão, Lizi mobilizou *pPCK*, ao salientar não ter aprendido com experiências anteriores que as atividades de modelagem demandam muito tempo, *Conhecimentos pedagógicos*, ao se referir à estratégia de acompanhar os licenciandos nos grupos de trabalho.

Para finalizar, identificamos como *filtro* o tempo excessivo que os licenciandos dispenderam para elaborar seus modelos. Por sua vez, alguns *amplificadores* foram observados na prática de Lizi, tais como: (i) permitir o uso de recursos educacionais para além dos disponibilizados; (ii) oportunizar a realização de experimentos empíricos (a partir da disponibilização dos materiais); e (iii) acompanhá-los de perto no trabalho colaborativo de elaboração desses modelos.

Novamente, é digna de nota a relação de Lizi com o tempo, observada também neste evento. Ela mesma destacou a demora dos licenciandos no processo como dificuldade na prática (o que resultou em o classificarmos como um *filtro*). Parece um paradoxo, mas esta mesma situação apresentou potencialidades no que se refere à oportunidade que ela teve de acompanhar mais de perto os licenciandos no desenvolvimento de seus modelos nos grupos. Isto foi mais um indicativo (a nosso ver, bastante convincente) de que filtros e amplificadores são dinâmicos, dependem do ponto de vista dos sujeitos que os vivenciam ou analisam e, mesmo situados no mesmo contexto, podem ser percebidos de diferentes modos, a partir de *affordances* que não necessariamente têm o mesmo sentido.

Na figura 5.26, representamos os *CPD* mobilizados por Lizi neste evento didático crítico.

Figura 5.26 Caracterização de CPD da professora no contexto do evento didático crítico 2 do quinto encontro



Fonte: O autor.

Assim que os licenciandos elaboraram seus modelos, Lizi promoveu o processo de comunicação dos modelos (episódio 7) semelhante a como conduziu o processo de comunicação dos modelos para o processo de produção do chocolate *Suflair*.

5.2.1.6 Macroanálise dos CPD sobre Modelos e Modelagem Manifestados pela Professora no Sexto Encontro e Microanálise dos Eventos Didáticos Críticos deste Encontro

O sexto encontro do curso foi programado para dar continuidade à realização da sequência de modelagem sobre polímeros. Durante a entrevista pré-sexto encontro, Lizi resumiu seu planejamento geral para o encontro do dia:

“Hoje, a minha ideia é fechar a atividade, quer dizer, eles fizeram a experiência do derretimento... eles vão rever o modelo deles e rerepresentar. Mas assim, como eu pedi para eles já adiantarem [a atividade de explicação sobre o aquecimento dos plásticos em casa], então, eu vou dar só alguns minutos, vou cronometrar mesmo dessa vez... quinze... no máximo vinte minutos para eles montarem e, logo em seguida, a gente vai apresentar, discutir os modelos e eu vou passar para a outra parte, da outra atividade que é a do pneu.”

Nesta declaração, Lizi manifestou $ePCK_P$ e *Conhecimentos de currículo*, a partir da explanação de seu planejamento geral para o encontro. Lizi também manifestou *CK* por meio de planejamento de ações que visavam a revisão e rerepresentação de modelos. Aspectos de suas

reflexões sobre o que ocorreu no quinto encontro ($ePCK_R$) também se manifestaram em conjunto com *Conhecimentos pedagógicos*, ao planejar a estratégia de cronometrar o tempo visando evitar problemas como os ocorridos em outros encontros. Lizi também indicou outra mudança feita no planejamento do sexto encontro que influenciou no planejamento geral do curso:

“A mudança [no planejamento]... foi deixar a discussão sobre a modelagem aplicada à Educação Básica para o final. A minha ideia era fazer no meio do caminho, aí depois eu transferi toda para o final.”

Esta declaração evidenciou a manifestação de $ePCK_P$, com a alteração do planejamento referente à promoção da discussão com os licenciandos sobre a ECFM em contextos de Educação Básica.

Dois fatores influenciadores se destacam nesse contexto: o tempo e a ação de transferir a importante discussão sobre aplicação de atividades de modelagem na Educação Básica para o final do curso, ambos entendidos como *filtros*. O tempo foi identificado como *filtro* porque Lizi não conseguiu realizar as atividades na sequência como havia planejado, enquanto a transferência da discussão sobre aplicação de atividades de modelagem na Educação Básica para o final do curso resultou em ela não ocorrer (porque não houve tempo para isto naquele encontro e Lizi teve que se afastar temporariamente do trabalho logo após o mesmo).

No sexto encontro, Lizi buscou compensar o tempo gasto promovendo alterações no planejamento que indicaram *amplificadores*. Dentre as alterações, se destacaram o planejamento de cronometrar o tempo nas atividades (o que ela acreditava que a auxiliaria a controlá-lo) e a realização de dois experimentos juntos ao invés de em sequência (o que resultaria em ganhar tempo nos processos e discussões).

O sexto encontro se constituiu por 6 episódios, como representado no quadro 5.8.

Quadro 5.8 Mapa de episódios do sexto encontro do curso. (continua)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
1	Reformulação dos modelos produzidos, a partir do aquecimento dos materiais plásticos.	CK; Conhecimentos pedagógicos; ePCK _T ; ePCK _P ;	Amplificador: Cronometrar o tempo.
2	Apresentação, explicação e comunicação dos modelos reformulados a partir do aquecimento dos plásticos.	CK; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; pPCK; ePCK _P ePCK _T ; ePCK _R	Filtros: imprevisibilidade (demandando tempo e mobilização de estratégias para contorná-la); uso de exemplificações que não foram significativas; impossibilidade de realizar um experimento planejado em sala de aula. Amplificadores: ter considerado um grande aprendizado as discussões inéditas relacionadas à fusão/decomposição de plásticos na atividade; e concluir que a espessura dos polímeros não foi algo problemático no contexto de RP como havia sido no contexto de Ensino Médio. Crença: atividades experimentais em sala de aula são mais significativas do que a demonstração de experimentos por meio de videograções.
3	Realização da atividade de previsões e experimentos de tentativa de dobra, aquecimento e queima de pedaços de pneu.	Conhecimentos pedagógicos; ePCK _P ; ePCK _T	Amplificador: Cronometrar o tempo; realizar experimentos juntos ao invés de em sequência.
4	Realização da atividade de avaliação dos modelos anteriores considerando o contexto do pneu.	CK; Conhecimentos pedagógicos; ePCK _T	Amplificador: Cronometrar o tempo.

Quadro 5.8 Mapa de episódios do sexto encontro do curso. (continuação)

Episódio	Descrição geral	CPD sobre modelos e modelagem manifestados	Fatores que influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem
5	Discussão do processo de elaboração de modelos sobre os comportamentos dos pedaços de pneu.	CK; Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos dos estudantes; Conhecimentos de avaliação; pPCK; ePCK _P ; ePCK _T ; ePCK _R	Filtros: considerar não saber planejar tempo; ocorrer imprevistos relacionados à prática e ao tempo gasto; e perceber que as discussões que conduz demoram mais tempo do que o esperado. Amplificadores: considerar que as discussões são momentos ricos na ECFM por possibilitarem ter acesso ao que estudantes estão pensando (o que também favorece repensar a própria prática); e reconhecer que o tempo que extrapola ao planejado, na promoção de discussões, é um tempo bem investido.
6	Finalização do encontro.	Conhecimentos de currículo; Conhecimentos pedagógicos; Conhecimentos de avaliação; pPCK; ePCK _T ; ePCK _P	

Fonte: O autor.

Observando este mapa de episódios, considerando o roteiro da sequência e o que Lizi havia declarado na entrevista pré-sexto encontro, observamos que ela conseguiu finalizar as atividades da modelagem de contexto científico. Ela deu continuidade às atividades a partir da de aquecimento dos materiais plásticos: oportunizando um momento para os licenciandos reformularem os modelos elaborados anteriormente para o comportamento dos plásticos frente ao experimento de aquecimento (episódio 1); promovendo a comunicação desses modelos pelos licenciandos (episódio 2); realizando a parte do processo da sequência de modelagem sobre polímeros relacionada à avaliação dos modelos (episódios 3 ao 5); e finalizando o encontro (episódio 6).

Neste encontro, a manifestação de *CPD sobre modelos e modelagem* de Lizi ocorreu com destaque para a mobilização de *CK* e *Conhecimentos pedagógicos* (ocorrendo juntos em 4 dos 6 episódios) e a mobilização de *Conhecimentos de currículo* e *Conhecimentos de avaliação* somente no final do encontro (episódio 6).

A finalização do sexto encontro coincidiu com a finalização do curso. Lizi parecia prever isso, vistos os comentários que ela fez ao final deste encontro:

“Pessoal, as nossas discussões ainda continuam. Eu peço mil desculpas porque a minha programação (inaudível) e as nossas discussões, elas rendem. E aí não deu tempo e é sempre um problema... É a primeira vez que eu estou aplicando estas atividades de modelagem dos plásticos no Ensino Superior. Já me desculpando... Então, o meu planejamento foi com base na experiência anterior que era do Ensino Médio. E acaba que agora, realmente, tá saindo bastante do que eu tinha pensado por causa do nível de discussões, os conceitos que vocês estão abordando e até as coisas que estão aparecendo.”

Neste trecho, ficou evidente que Lizi não conseguiu desenvolver tudo que havia planejado para o encontro, o que também caracterizou a mobilização de *ePCK_P*. Reflexões de Lizi (*ePCK_R*) naquele momento de ensino, tornaram explícito que o fato de ser a primeira experiência dela aplicando aquela sequência de modelagem sobre polímeros no Ensino Superior trouxe imprevistos, mesmo ela tendo se pautado em experiências anteriores (*pPCK*) de aplicação da mesma sequência no curso para estudantes do Ensino Médio. Lizi também explicou aspectos curriculares e como o tempo depende de contextos específicos nos quais a modelagem acontece (*Conhecimentos de currículo*).

Mais uma vez, Lizi deixou claro como os níveis de discussão e a profundidade de conceitos científicos apresentados pelos licenciandos (*Conhecimentos dos estudantes*) influenciaram aspectos pedagógicos (*Conhecimentos pedagógicos*) e curriculares (*Conhecimentos de currículo*) na promoção da ECFM. Isto é algo que parece ter sido reconhecido por Lizi principalmente nesse contexto reflexivo e explicativo a partir da comparação da aplicação da mesma sequência de modelagem naquele contexto e o contexto do curso no Ensino Médio (*pPCK*). Isso corrobora nossas visões de que, na ECFM, os conhecimentos manifestados na prática de Lizi eram dinâmicos e de como o contexto de aprendizagem dos estudantes influencia nos processos de ensino pautados na ECFM.

Entendemos também que o fato de Lizi reconhecer esses fatores e explicitá-los para os licenciandos no encontro foi também uma estratégia de ensino bastante significativa (*Conhecimentos pedagógicos*). Por ser um contexto de formação de professores, o fato de a formadora de professores expressar influências de situações relacionadas a planejamento-ação-reflexão da e sobre a própria prática alinhadas às suas experiências anteriores indica como ela se reconhecia como um exemplo para aqueles licenciandos. Isto ficou ainda mais evidente quando a formadora destacou algumas de suas dificuldades na condução do ensino (como as

relacionadas ao controle do tempo). Em seguida, Lizi explicou aos licenciandos o que esperava para o próximo encontro:

“Então, em função disso, a gente precisaria fechar essa discussão de hoje, o que seria um pouco mais breve, mas não dá tempo mais. Mas isso é rápido porque a ideia não é a gente continuar fazendo modelos. É a gente juntar essas ideias, refletir sobre elas, pensar um pouco mais a discussão química.”

Neste trecho, a integração de *ePCK_T*, *ePCK_P*, *Conhecimentos de currículo* e *Conhecimentos pedagógicos* foi produzida por Lizi para justificar que mesmo com a intenção de fechar as discussões planejadas no sexto encontro, não havia tempo disponível para isso o que implicava em continuar as atividades em um possível sétimo encontro. Lizi demonstrou também como *Conhecimentos pedagógicos* foram mobilizados para planejar as atividades que se seguiriam, tais como organizar as ideias que emergiram no contexto da realização das atividades da sequência de modelagem dos polímeros, refletir sobre elas, discutir aspectos químicos que sustentaram os processos e refletir sobre os produtos desses processos.

Durante a entrevista pré-sexto encontro, Lizi havia manifestado *Conhecimentos de currículo* ao prever que não daria tempo de desenvolver a terceira e última parte da sequência de modelagem sobre polímeros, a que envolvia contexto sociocientífico. Na sequência, ela havia refletivo (*ePCK_R*) e explicado como planejava desenvolver a atividade (*ePCK_P*):

“E aí, ficaria faltando toda a parte sociocientífica, que seria mais um encontro de mais três horas de duração ou dois encontros de duas horas, né? Eu acho que é razoável.”

Nesse contexto de entrevista pré-sexto encontro, Lizi também havia salientado a iminência de entrar em licença e de como isso poderia implicar no andamento do curso.

“Depois disso, vamos fazer uma reflexão ‘e eu como professor aplicando essa mesma sequência?’ Então, ‘o que potencializa o estudante aprender, como eu conduziria essas atividades, se eu faria do mesmo jeito, o que que eu faria de diferente?’. Então, esse que é o planejamento da discussão de hoje. Então, a minha expectativa é fechar até aí. [...] É claro que seria interessante fazer logo na sequência, mas em março, eles já estarão de volta, né? A vida também já vai estar um pouco mais tranquila, eu vou estar afastada, mas já é mais sossegado... vou tirar algumas horas e vir para cá.”

Neste trecho, Lizi havia manifestado *ePCK_P* relacionados ao planejamento de um momento no qual os licenciandos pudessem refletir sobre como, enquanto professores, eles aplicariam a sequência de ensino de modelagem sobre polímeros. Isto também evidenciou a mobilização de *Conhecimentos pedagógicos* ao planejar uma estratégia de ensino importante naquele contexto de formação de professores e, ao perceber a iminência de pausa do curso,

considerar que essa estratégia, se promovida após certo tempo, poderia ser vantajosa. *CK* também se manifestaram porque Lizi indicou que aquela atividade reflexiva intencionava promover a metamodelagem, assim como *Conhecimentos de currículo* por salientar a organização das atividades em determinado espaço e tempo.

Salientamos a manifestação dos seguintes *filtros* nesse contexto de finalização do encontro: planejar os próximos passos do curso dependia de um compromisso pessoal que ela teria; considerar que adiar o próximo encontro para o outro ano prejudicaria parcialmente o curso; ter que lembrar os conceitos, caso tivesse que adiar para seis meses depois; não ter tempo para finalizar as atividades programadas, o que resultou na reflexão de que, para ela, tempo sempre é um problema (na modelagem). Por outro lado, foram identificados os seguintes *amplificadores*: perceber que as discussões renderam, o que a deixou satisfeita; e considerar que o possível adiamento da finalização do curso seis meses depois poderia ser algo interessante para verificar o que foi efetivo para os licenciandos.

A seguir, apresentamos três eventos didáticos críticos deste sexto encontro dos quais fizemos a microanálise.

5.2.1.6.1 Evento Didático Crítico 1 do Sexto Encontro: Apresentação, Explicação e Comunicação dos Modelos Reformulados pelos Licenciandos após o Aquecimento dos Materiais Poliméricos

Antes de caracterizar o *evento didático crítico 1*, ocorrido no segundo episódio deste encontro, explicamos que ele ocorreu a partir: (i) da demonstração feita por Lizi do experimento de aquecimento dos pedaços de sacola plástica e de carcaça de TV; (ii) da autorização de Lizi para que, após a demonstração do experimento de aquecimento, uma licencianda promovesse a queima desses materiais em sala de aula e da orientação aos licenciandos para observar aquele fenômeno; (iii) da orientação de Lizi para que eles pensassem e discutissem em casa sobre se o modelo elaborado para explicar o comportamento daqueles materiais plásticos frente ao experimento de tentativa de dobra poderia ser usado para explicar o comportamento dos mesmos materiais durante o aquecimento; e (iv) da reformulação dos modelos criados anteriormente para explicar o novo comportamento desses materiais (no experimento de aquecimento), realizada pelos licenciandos em sala de aula no início do encontro (episódio 1).

Consideramos este evento como crítico por vários motivos. Dentre eles, destacamos: (i) ser o primeiro momento em que Lizi oportunizou aos licenciandos vivenciarem a prática de reformulação de modelos (JUSTI; GILBERT, 2002a) e; (ii) ser um contexto rico em relação à

interessante performance de Lizi na condução do processo e às interações dos licenciandos entre eles e com Lizi. Para visualização de como as interações entre Lizi e licenciandos, entre os licenciandos, e aspectos contextuais influenciaram o contexto deste evento, ver Apêndice 2.

Os licenciandos reformularam modelos porque os três grupos partiram do primeiro modelo que eles haviam elaborado, e o reformularam, a partir das novas evidências experimentais observadas com o aquecimento e combustão dos materiais plásticos.

Lizi promoveu a atividade de comunicação dos modelos reformulados pelos licenciandos como em encontros anteriores, isto é, se posicionando junto aos licenciandos ouvintes para assistir à apresentação dos grupos. Como já caracterizamos, essa ação de sentar-se junto aos licenciandos ouvintes evidenciou a manifestação de *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos*.

Apenas um licenciando do primeiro grupo estava presente no sexto encontro e foi ele quem apresentou o modelo. Isto ocorreu a partir de desenhos no quadro de giz de representações de moléculas da sacola plástica e da carcaça de TV, uma equação e um gráfico que representava curvas de aquecimento de uma substância. Ele também incorporou ao seu modelo aspectos para explicar a ocorrência da combustão dos materiais considerando o experimento realizado pela licencianda em sala de aula. Para ele, com o aquecimento, o plástico da sacola se decompõe e depois o produto dessa decomposição se funde, enquanto com o plástico da carcaça de TV ocorre somente a combustão em altas temperaturas.

Até essa explicação, Lizi não havia interferido. Contudo, ela questionou o licenciando e a turma sobre alguns aspectos (*ePCK_T*): (i) chamando a atenção para detalhes do que eles observaram no experimento de aquecimento (*Conhecimentos de currículo* e *Conhecimentos pedagógicos*); (ii) questionando um aspecto da representação feita pelo licenciando no quadro que não havia sido representado no modelo anterior (*Conhecimentos dos estudantes* e *conhecimentos pedagógicos*); (iii) buscando sondar aspectos sobre o processo de reformulação do modelo anterior vivenciado pelos três grupos (*Conhecimentos pedagógicos* e *CK*); e (iv) promovendo *testes* do modelo do licenciando (perguntando sobre o porquê da adição de alguns elementos químicos nas estruturas e como eles influenciariam nas propriedades e comportamentos dos materiais frente aos experimentos e como o modelo explicava o que estaria acontecendo com as estruturas quando havia alguma transformação química ou física dos materiais) (*Conhecimentos pedagógicos* e *CK*).

A partir das discussões sobre esses pontos, Lizi promoveu outras ações (*ePCK_T*) no sentido de: relembrar o momento em que licencianda aqueceu e queimou o pedaço de sacola

plástica em sala, visto que foi uma situação que resultou em aspectos do novo modelo apresentado pelo licenciando (*pPCK*; *Conhecimentos de Currículo e Conhecimentos pedagógicos*); questionar o licenciando sobre suas observações e interpretações para esse experimento (*pPCK* e *Conhecimentos pedagógicos*); salientar características da entidade modelada (sacola plástica) durante o *teste* do modelo (ao ser aquecida) (*Conhecimentos pedagógicos*); e perguntar ao licenciando o que acontecia com a sacola plástica durante a sua decomposição a partir da apresentação do seu modelo (*Conhecimentos pedagógicos*). Algo interessante neste contexto foi a mudança de foco no discurso feita pelos interlocutores: de aquecimento passou a ser a combustão e possível decomposição dos materiais.

Lizi parecia discordar dos licenciandos sobre o fenômeno de decomposição do material plástico da sacola frente ao aquecimento e retomou a discussão sobre este experimento, salientando que a evidência observada era a de que o pedaço de sacola plástica fundia enquanto o pedaço de carcaça de TV não se alterava. A utilização desta estratégia (*ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos*) foi expressa em falas baseadas em conhecimentos cotidianos:

“Mas a sacola fica evidente que funde porque você puxa a sacolinha e dá aquele visgo, né? [...] Olha eu poderia pensar também... Vocês já viram as pessoas que pegam a garrafa PET e deixam o plástico bem mole, sem queimar. Aí moldam, formam um vaso, fazem outras coisas. Assim, se a gente for pensar em termos de tipos de plástico, sacola plástica e PET tá muito parecido. Então, é uma informação adicional. Não sei se alguém consegue pensar em outra coisa. [...] Aí [nesta sua explicação] estaria queimando, né? Eu tô pensando em um caso em que a sacola derreta.”

Ao final do processo de comunicação do modelo pelo licenciando, Lizi fez algumas perguntas relacionadas ao processo de modelagem (*ePCK_T*):

“Miguel, teria alguma coisa, se você pudesse ter outra informação, que você acha que te ajudaria a pensar ou ter mais convicção do seu modelo?”

O licenciando disse que se tivesse oportunidade de realizar experimentos adicionais isto influenciaria na elaboração do modelo. Lizi buscou compreender a ideia do licenciando (*Conhecimentos dos estudantes*), perguntando em seguida: “Pode ser, pode ser... um experimento ou dado?”. Ela também questionou um aspecto de processos experimentais hipotéticos: “Mas aí, para você ter certeza, o que você poderia fazer?”.

Lizi buscou sondar aspectos do modelo do licenciando e do processo de reformulação de seu modelo visando explicitar o que poderia ser feito (no processo) para dar mais confiabilidade ao modelo (*Conhecimentos pedagógicos*), levá-lo a pensar em possibilidades para isso (*Conhecimentos dos estudantes*), o que gerou uma discussão sobre como a

experimentação e uso de diferentes técnicas, em busca de evidências, influencia na modelagem e na qualidade e confiabilidade de modelos (*CK*).

Finalizada a comunicação deste primeiro modelo, Lizi solicitou aos outros grupos que também apresentassem seus modelos. O processo comunicativo que ocorreu nessas apresentações foi semelhante ao que ocorreu com o primeiro grupo. As discussões sobre os processos que poderiam estar ocorrendo com os materiais no aquecimento e queima continuaram ocorrendo, às vezes estabelecendo comparações entre diferentes modelos. Por exemplo, no contexto de comunicação do modelo do segundo grupo Lizi destacou que:

“Eu não estou falando que o modelo do Miguel está errado. Não é isso. A questão é, eu perguntei a ele se, nesse caso, ele consideraria que quando derreteu tem reação química ou não e ele respondeu ‘não dá pra saber’, não é isso? [...] Diferente do modelo da Fernanda. E aí, no segundo modelo, Fernanda, você considerou interação entre as duas cadeias. Então, por que que quando aquece não derreteu... e queimou ao invés de derreter?”

Lizi manifestou *ePCK_T* salientando aspectos que os licenciandos já haviam apresentado e comparando aspectos dos dois modelos, demonstrando conhecê-los (*Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos pedagógicos*). *CK* de Lizi também se manifestaram quando ela afirmou que o modelo do licenciando não estava errado, que havia aspectos que ele não conseguia explicar (implicando a necessidade de reformulá-lo) e salientando diferenças entre os modelos para a mesma entidade (pautando-se em informações que circulavam sobre processos físico-químicos e estruturas dos materiais plásticos).

Lizi ainda parecia estar desconfortável com menções à combustão dos materiais e com a ausência de foco no aquecimento e posterior fusão, mesmo parecendo refletir sobre a plausibilidade das ideias que os licenciandos apresentavam. Isso se expressou em algumas de suas ações ao perguntar:

“A Fernanda acha que a estrutura chega a decompor antes de fundir. [...] Isso é possível! A gente tem compostos que, dependendo da pressão, não conseguem fundir porque eles já decompõem. Isso aí é possível. A gente tem exemplos disso na Química. A minha dúvida era essa, se, no seu modelo, você considerou isso ou não.”

Lizi mobilizou *ePCK_T*, *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos dos estudantes* ao lembrar aspectos do experimento de aquecimento e do que eles fizeram na queima, situações que indicaram a realização de *testes* do modelo apresentado por Fernanda. Apresentando mais indícios de seu convencimento sobre a plausibilidade das ideias expressas

nos dois modelos, Lizi modificou seu discurso em relação a aspectos dos dois modelos até então apresentados:

“Porque, se fosse pensar, eu aqueci, romperam as interações e aí, ela sairia no estado líquido. E o que a gente verificou, o que o Miguel enfatizou no modelo dele foi que tá formando um outro negócio lá, antes de a gente ver... aquele líquido preto escorrendo, saindo um monte de fumaça. E eu concordo com ele... isso é um bom indicativo de que tá tendo reação química. [...] Pode até ser formada uma coisa de cadeia menor [como a Aline falou], mas a gente não sabe o que é. Mas não vai ser aquele material plástico que a gente tinha antes. Ok, pessoal? E a carcaça, quando a gente esquenta, ela não derrete. Aí, se a gente colocar fogo nela, ela queima mesmo, né? Mais alguma observação para a Fernanda? Eu acho que a gente fica então pensando nisso.”

Parecendo estar convencida de que as ideias dos licenciandos sobre processos de decomposição da sacola e queima dos plásticos eram importantes e estavam sendo usadas consistentemente como evidências para a explicação dos modelos deles, Lizi incorporou considerações sobre isso em seu próprio discurso (*ePCK_T*):

“Pensando assim, em composição, o plástico que a gente conhece como carcaça... segundo o modelo de vocês, tem essa composição. Então, eu acho que a gente já pode dizer que ele não derrete. Não derrete porque se ele queimou e saiu esse enxofre, mudou [a substância], então já não é mais a mesma coisa, concordam? Então, eu acho que a gente nem precisa falar assim queimou depois derreteu... o que derreteu já não é mais o mesmo plástico do começo, concordam? O que apareceu na maior parte dos modelos.”

Nesta declaração, Liz mobilizou também *Conhecimentos pedagógicos* ao auxiliar os licenciandos a analisar seus próprios modelos, reconhecendo as evidências de reações químicas que ocorreram nos processos.

No contexto de entrevista pós-sexto encontro, Lizi refletiu (*ePCK_R*) sobre o processo de comunicação dos modelos, tecendo considerações sobre ele, com destaque para a situação inesperada que havia ocorrido durante os experimentos com esses materiais:

“A discussão ocorreu dentro do previsto! Tirando essa questão do derretimento da sacolinha plástica, que com essa eu não contava... Tentei usar exemplos na hora, mas eu acho que não foram tão significativos a ponto de convencer os licenciandos. Eu acho que a evidência experimental teria sido melhor. Por isso que, na hora, eu ainda pensei ‘Ah cadê uma chapa quente, uma coisa de metal para encostar a sacola e mostrar que gruda e estica e que realmente derrete’, mas eu não tinha nada em mãos que eu pudesse fazer isso na hora. Se eu tivesse pensado, se isso tivesse aparecido antes, eu poderia ter feito aquilo. Tirando isso não saiu do previsto!”

Além de *ePCK_R*, outros *CPD* se manifestaram nesta declaração de Lizi, como: *Conhecimentos de currículo*, ao especificar como ela conduziu as discussões a partir de uma

situação de imprevisibilidade; *Conhecimentos pedagógicos*, ao (i) usar exemplos para uma situação mais complexa ou inesperada, considerando que *testes* dos modelos envolviam e foram influenciados por situações experienciais e (ii) salientar que um tipo de experimento (feito em sala de aula com um aparato específico) seria melhor do que a demonstração do experimento em vídeo para convencê-los de que suas ideias eram mais plausíveis do que as deles.

Em seguida, Lizi reconheceu como suas experiências ensinadas aos licenciandos aspectos da ECFM nesse contexto, resultaram em aprendizagem para ela mesma:

“Um aprendizado grande pra mim... é uma coisa que tem que ser incorporada na sequência [de modelagem de polímeros] também: aquela questão do derretimento do plástico que, pelo que eu vi, não está evidente, que o plástico derrete... A carcaça [de TV] ficou claro, né? Pela fala deles ficou claro. Mas a sacolinha, não ficou evidente que ela derrete, propriamente. Então, eu acho que a gente teria que pensar um pouco alguma coisa... e aí eu estou pensando em trazer isso a título de informação. Não para incorporar no modelo, mas só para fechar as ideias porque, no fim das contas, eu acabei conduzindo às ideias de que, não, o plástico derrete! Derrete, faz pinga-pinga ...”

Este trecho evidenciou a mobilização de $ePCK_R$ por Lizi porque ela estava refletindo sobre como aquelas experiências no curso contribuíram como contexto de aprendizado para ela. Isto reforça ainda mais nossa convicção de que, além do contexto de aprendizagem dos estudantes, no qual $pPCK$ e $ePCK$ sobre modelos e modelagem se manifestam na prática docente de Lizi, quaisquer situações de ensino na ECFM também podem se configurar como um contexto de aprendizagem para ela, vistas as idiossincrasias de cada situação. Além disso, Lizi mobilizou $ePCK_P$, ao afirmar que precisava incorporar aspectos do que ocorreu nos experimentos com os polímeros na sequência de ensino, ressaltando como planejava discutir isso; $pPCK$, visto que tais aspectos surgiram em contextos de atuação para a ECFM; *Conhecimentos pedagógicos*, ao indicar que alteraria futuramente um planejamento a partir de observações sobre o que funcionou e não funcionou naqueles experimentos; *Conhecimentos de estudantes*, ao destacar que os licenciandos não demonstraram dúvidas sobre experimentos com a carcaça de TV, o que se refletiu na elaboração e/ou reformulação de modelos nos grupos.

Nesse trecho, também observamos uma relação mais intrínseca entre $ePCK_R$ e $ePCK_P$ nitidamente influenciada pelos conhecimentos que Lizi adquiriu naquele contexto específico, junto aos licenciandos. Isso demonstra como a manifestação de CPD é dinâmica e como os $pPCK$ influenciam na manifestação dos $ePCK$, além das influências de conhecimentos de bases mais gerais. Por isso, reforçamos como a manifestação desses CPD se caracteriza a partir de

movimentos *recorrentes* e complexos de influências e *transformações* entre os CPD caracterizados pelo RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Lizi também refletiu ($ePCK_R$) sobre como a percepção de algumas propriedades físicas não influenciou tanto naquele contexto como havia acontecido na aplicação da mesma sequência de ensino no Ensino Médio:

“A questão do PET... deixa eu pensar... uma coisa que eu já venho reparando, não sei se eu comentei em alguma outra entrevista, é que eu achei que a questão da espessura da sacolinha e da carcaça iria interferir mais. E eu estou vendo que não está sendo um problema isso, que foi um grande problema no Ensino Médio, mas não está sendo um problema para eles. Isso aparece em alguns momentos, mas não a ponto de repercutir nos modelos que eles estão fazendo. Eu acho que eles se prenderam mais nas propriedades desses materiais do que propriamente na aparência física deles, nessa espessura. Eu acho que eles meio que já entenderam que se são plásticos diferentes, têm comportamentos diferentes. Eu acho que foi isso. Talvez, eu acredito, que tem a ver com o grau de escolaridade. Eu acho que é uma consequência.”

Assim como no trecho anterior, este trecho destaca a manifestação dinâmica de *CPD* de forma que um complementa o outro na construção de sentidos para as reflexões de Lizi. Isto se destacou a partir do momento em que ela assumiu estar pensando há algum tempo sobre como propriedades dos materiais que eram perceptíveis sensorialmente (por exemplo, cor e espessura dos polímeros) interferiram no processo de modelagem dos polímeros, o que evidenciou influências mútuas entre $pPCK$ e $ePCK_R$. Tais influências parecem ter se sustentado ainda mais com a manifestação de *Conhecimentos de currículo*, a partir da comparação entre diferentes níveis de ensino e de *Conhecimentos dos estudantes*, a partir tanto da comparação entre as dificuldades que estudantes do Ensino Médio apresentaram, mas que não foram evidenciadas entre os licenciandos quanto do reconhecimento de que eles compreenderam que polímeros diferentes têm comportamentos diferentes a partir daquele processo de modelagem.

Isto pode ser o resultado de uma abordagem ($ePCK_T$) clara dos objetivos das atividades, estratégia usada com os licenciandos (*Conhecimentos pedagógicos*), algo que não ocorreu no contexto do Ensino Médio. Lizi não afirmou isto, mas entendemos que suas ações anteriores contribuíram, em algum nível, para esses melhores resultados no curso da RP. Além disso, Lizi deixou claro que reconhecia como o fator nível de especialização de conhecimentos (MATON; CHEN, 2017) que os licenciandos (em geral) possuem em relação a estudantes do Ensino Médio influenciou para que eles não tivessem dificuldades de compreensão de propriedades dos materiais – o que poderia influenciar nos processos de modelagem. Porém, discordamos de sua afirmação de que o “grau de escolaridade seria uma consequência”. Entendemos que eles são

uma das causas para que tais propriedades não influenciasses tanto a participação dos sujeitos no processo de modelagem porque são aspectos relacionados aos conhecimentos e vivências dos licenciandos.

Algumas considerações principais podem ser tecidas a partir deste evento didático crítico 1, rico em possibilidades de discussões sobre aspectos pedagógicos relacionados à promoção da ECFM por Lizi.

A primeira envolve algo que já discutimos em outro contexto pedagógico relacionado à promoção da ECFM por Lizi: a imprevisibilidade nos processos (TARDIF; LESSARD, 2005). Lizi não esperava que os licenciandos atribuíssem tanta atenção à decomposição e queima dos materiais (a partir dos experimentos que ocorreram ao final do quinto encontro) na reformulação de seus modelos⁷⁸. Assim, ela parecia não compartilhar das mesmas ideias dos licenciandos, o que resultou em essas situações gerarem discussões nas quais tanto ela quanto eles buscaram defender seus pontos de vista. Nessas discussões, experimentos, evidências, conhecimentos científicos, modelos e modelagem eram temas que se integravam dependendo do foco dado por Lizi ou pelos licenciandos em suas declarações. A partir dessas discussões, Lizi foi modificando suas ideias na medida em que concluía que as explicações que os licenciandos apresentavam eram plausíveis.

A segunda consideração digna de nota é nossa percepção de que Lizi não considerou – tanto durante a ação quanto na reflexão sobre a ação – que duas situações podem ter resultado na ocorrência desse imprevisto (que, em nosso entendimento, deixou o processo de modelagem mais rico e autêntico). Ambas as situações ocorreram no quinto encontro e foram resultantes de ações promovidas por ela: a primeira foi ter autorizado os licenciandos a promover a combustão dos materiais na sala de aula, após reproduzir o vídeo de aquecimento; e a segunda se seguiu à primeira, quando Lizi solicitou aos outros licenciandos “Observem o que está acontecendo lá [na queima]”.

Parece-nos que, pelo modo como Lizi conduziu essas situações, ela não atribuiu importância ao fato de autorizar a queima dos materiais e solicitar que os licenciandos observassem o que ocorria. Porém, pensando pela perspectiva dos licenciandos, elas foram orientações dadas pela professora e, portanto, seguidas por eles. Muito provavelmente por isso,

⁷⁸ Isto nunca chegou a ser discutido no GP quando da elaboração das atividades e discussão da aplicação das mesmas no contexto do Ensino Médio.

eles entenderam que a queima dos materiais (resultante daquelas situações) era parte dos experimentos a partir dos quais eles reformulariam seus modelos.

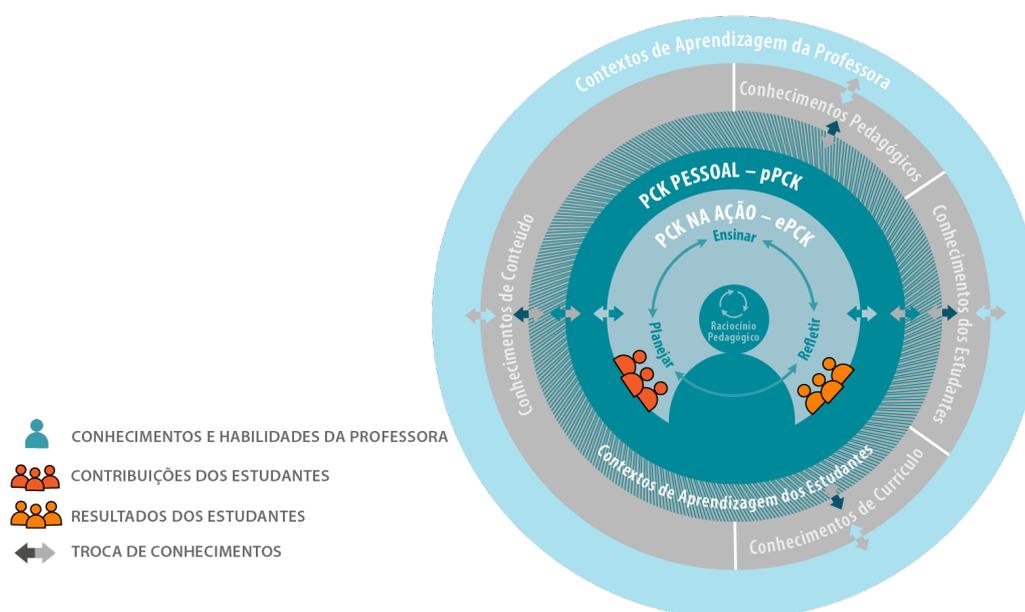
Norman (2013) considera que é preciso dar instruções relevantes e significativas a estudantes em quaisquer situações de ensino e aprendizagem. Bicalho, Oliveira e Justi (2022) são mais específicos sobre isso ao salientarem a relevância de se considerar os importantes papéis tanto dos comandos de atividades de modelagem quanto de instruções e orientações feitas por professores que promovem a ECFM. Isto nos pareceu bastante claro quando relacionamos as orientações de Lizi naquele momento pós-experimento de aquecimento como um possível gatilho, considerado pelos licenciandos em suas próprias ações.

Relacionando nossas interpretações ao RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), entendemos que os *CPD* de Lizi que se manifestaram neste evento indicaram uma dinâmica recorrente de influências e/ou transformações de *CPD*, principalmente no sentido do centro (ePCK) para as bordas (com a aquisição de *pPCK* e *Conhecimentos pedagógicos*). Além disso, declarações de Lizi sobre situações de aprendizagem para ela acentuaram nossas convicções de que o contexto de aprendizagem do professor é algo que merece destaque no RCM e em sua representação (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Por último, neste evento, os aspectos que influenciaram na manifestação de *CPD* de Lizi foram: os *filtros*, relacionados: à imprevisibilidade ocorrida (o que demandou de Lizi energia e tempo ao usar estratégias para convencer os licenciandos); ao uso de exemplos relacionados à derretimento e queima (que não foram significativas, ou seja, não surtiram efeito naquele contexto e que impactaram no tempo do encontro); e à impossibilidade de realizar o experimento que gostaria em sala de aula (por não ter o aparato experimental disponível no ambiente, algo que para ela, poderia auxiliar no objetivo de convencer os licenciandos da plausibilidade de seu ponto de vista). *Amplificadores* também se caracterizaram por ela ter considerado como um grande aprendizado as discussões inéditas que ocorreram relacionadas à fusão/decomposição de plásticos na atividade e por concluir que a espessura dos polímeros não foi algo problemático no contexto de RP como havia sido no contexto de Ensino Médio.

A partir dessas interpretações, elaboramos a figura 5.27, na qual representamos os *CPD* manifestados na prática de Lizi durante o evento didático crítico 1 do sexto encontro:

Figura 5.27 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 1 do sexto encontro



Fonte: O autor.

5.2.1.6.2 Evento Didático Crítico 2 do Sexto Encontro: Discussão sobre o Processo de Avaliação de Modelos a partir da Análise do Comportamento dos Pedacos de Pneu frente aos Experimentos de Tentativa de Dobra e Aquecimento

Este *evento didático crítico 2* se relacionou à etapa de *avaliação* dos modelos anteriores, ocorrida no contexto de tentativa de utilização dos mesmos para explicar o comportamento, no nível submicroscópico, de pedacos de pneu frente aos experimentos de tentativa de dobra e aquecimento. Mas, antes de apresentarmos sua análise, precisamos situar o leitor sobre o que aconteceu antes dele. A criticidade deste evento reside, principalmente, nos aspectos relacionados à etapa de *avaliação* dos modelos elaborados que foi bem definida pela professora a partir de uma atividade principalmente planejada para isto; à mudança de perspectiva de aprendizagem relacionada ao pensamento sobre os modelos para os plásticos frente a modelos para a borracha; e em como Lizi conduziu a situação.

Como ocorreu com os outros materiais que faziam parte da sequência de modelagem sobre polímeros (sacola plástica, capa de encadernação e carcaça de TV), Lizi disponibilizou aos licenciandos pedacos de borracha de pneu e realizou os mesmos experimentos que havia feito com os outros materiais, promovendo instruções semelhantes. Ela os orientou a analisar se, e em que extensão, os modelos que eles reformularam anteriormente para os outros materiais

plásticos poderiam ser usados para explicar o comportamento da borracha constituinte do pneu (um novo contexto de aplicação daqueles modelos). Lizi também disponibilizou isqueiro, caso algum deles quisesse realizar a queima de pedaços de pneu. A mesma licencianda que havia queimado os materiais no quinto encontro promoveu a queima de um pedaço de pneu.

Na entrevista pré-sexto encontro, Lizi havia expressado expectativas sobre esta etapa do processo de modelagem científica:

“Bom, a minha expectativa para a atividade do pneu é... a ideia é que ela seja mais rápida mesmo. Até as discussões. Pelo menos, com o Ensino Médio também ela foi mais rápida e, depois, eu quero fazer aquela discussão com eles, do processo da modelagem que eles vivenciaram, que eles aprenderam e que eles usaram de conhecimentos químicos e relacionando com a Natureza da Ciência.”

Nesta declaração, destacam-se *ePCK_P* envolvendo o planejamento das discussões, que tiveram como base suas experiências com a sequência de modelagem sobre polímeros aplicada no contexto de Ensino Médio, ou seja, se fundamentaram em seus *pPCK*. Lizi também afirmou ter a intenção de discutir conhecimentos de conteúdo curricular e de NdC relacionados à ECFM, o que destacou *CK*.

No momento de comunicação dos modelos, Lizi optou por uma dinâmica diferente de condução das apresentações. Mobilizando *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos*, ela se posicionou na frente da sala e fez perguntas aos licenciandos sobre o processo:

“Pessoal, eu posso fazer umas perguntinhas então? Bom, começar aqui pela Fernanda. Fernanda, você estava trabalhando sozinha... Você acha que trabalhar sozinha está fazendo a diferença [no processo de modelagem]?”

A licencianda explanou suas ideias sobre o processo e Lizi perguntou em seguida: “Mas você acha que se o resto do grupo estivesse aí, ajudaria [na elaboração do modelo]?”

Com essas perguntas, Lizi mobilizou *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos* assumindo uma postura diferente ao discutir os modelos e o processo na perspectiva dos licenciandos (de pé e na frente da sala e não sentada junto aos licenciandos ouvintes). *Conhecimentos dos estudantes* foram adquiridos por Lizi ao investigar o que a licencianda pensava sobre sua experiência de elaborar modelos sozinha naquele encontro e ao favorecer e iniciar a discussão de um aspecto importante que influencia na modelagem: o trabalho individual *versus* o trabalho colaborativo – o que indicou mobilização de *CK*.

Durante esta discussão, Lizi solicitou aos outros licenciandos que também identificassem as limitações encontradas em seus modelos e explicassem como haviam lidado

com elas, discutindo alguns aspectos químicos que eles utilizaram naquele processo. Isto evidenciou a mobilização de *ePCK_T*, *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos dos estudantes*.

Dirigindo-se à turma, Lizi fez perguntas sobre o que eles fariam (se pudessem) para ter mais evidências que auxiliassem na *avaliação* e na melhoria da qualidade dos modelos. Por exemplo:

“Se vocês tivessem uma oportunidade de investigar mais sobre isso, você investigaria o que? O que você acha que te ajudaria a pensar?”

Novamente, sondando ideias dos licenciandos, Lizi mobilizou *ePCK_T*, *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos dos estudantes*. Assim que uma breve discussão sobre meios de se potencializar a investigação foi realizada, Lizi também mobilizou esses mesmos tipos de *CPD* ao se dirigir a grupos específicos buscando evidenciar quais estratégias eles utilizaram na proposição de seus modelos finais.

Na sequência, Lizi resumiu o processo de comunicação dos modelos que, como destacamos, teve uma configuração diferente dos outros processos comunicativos que ocorreram após processos de modelagem. Em seguida, ela perguntou a um dos grupos:

“Pessoal, se a gente for pensar, então... nesse processo de construção de modelos... A Fernanda falou que se ela tivesse acesso a outros dados... o Miguel falou da possibilidade de fazer alguns experimentos... E vocês? Se vocês tivessem a possibilidade de consultar alguma outra coisa, de fazer uma pesquisa, de pesquisar, buscar, não sei, alguém, o que vocês fariam?”

A partir desta sondagem aos licenciandos (*ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos*) do grupo (*Conhecimentos dos estudantes*) Lizi discutiu aspectos sobre a elaboração de seu modelo (*CK*); afirmou que iria levar para os licenciandos as fórmulas químicas dos plásticos e da borracha de pneu dos experimentos no próximo encontro (*ePCK_P*); e autorizou que eles pesquisassem a composição dos plásticos a partir daquele momento (*Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos de currículo*⁷⁹).

No contexto da entrevista pós-sexto encontro, Lizi refletiu sobre aspectos dos modelos apresentados pelos licenciandos e sobre como eles se envolveram no processo (*ePCK_R*):

“Eu tô gostando da diversidade, assim [dos modelos]... Primeiro, como um modelo tem influenciado o outro, né? Segundo, como eles estão buscando quimicamente falar da composição. E, sinceramente, eu gostei da

⁷⁹ Porque a partir daquele momento, eles terem acesso à composição química dos plásticos e da borracha do pneu não mais influenciaria no contexto da sequência de ensino.

apresentação deles hoje porque deu pra gente discutir ponto a ponto conceitos químicos relacionados até com a fusão. Eu acho que isso aí foi bacana.”

Além de *ePCK_R*, Lizi mobilizou: *CK*, ao reconhecer a diversidade de modelos elaborados e apresentados como algo bom, salientando sua percepção de como um modelo influencia o outro no processo, ou seja, demonstrando ciência de que, no processo de modelagem que eles estavam envolvidos, houve reformulação e revisão de modelos como um processo contínuo; e *Conhecimentos de avaliação*, por ter gostado da apresentação dos modelos, da diversidade que eles apresentaram e de conhecimentos químicos que mobilizaram para sustentar as suas ideias.

Ainda nesta entrevista, Lizi refletiu sobre os processos de discussão que ocorreram sobre o modelo para a borracha de pneu e sobre como ela se organizou com relação ao tempo:

“Eu acho que a discussão foi até melhor do que eu tinha pensado em termos de propriedades químicas dos materiais. Agora, um imprevisto é meu tempo. Eu estou chegando à conclusão de que eu não sei planejar tempo. Mas, toda vez que eu penso que a discussão vai durar, por exemplo vinte minutos, ela dura quarenta e cinco. Apesar de fugir completamente do meu programa, eu me permito isso porque eu acho que a riqueza está aí, está nas discussões, né? Eu ter acesso ao que eles estão pensando, pra repensar a prática, a estratégia e eles terem oportunidade de ouvir a opinião do colega. Hoje, eu vi claramente como um modelo interferiu no outro e eles reconhecem que esse processo de socialização tem sido muito relevante.”

Nesta reflexão (*ePCK_R*), Lizi manifestou *pPCK* ao denotar um pensamento e uma visão de como o processo poderia ter ocorrido o que resultou numa reflexão sobre o tempo que ela gasta para desenvolver as atividades de modelagem em sala de aula, considerando que a prática não coincide com seu planejamento. Contudo, apesar de sempre sair da programação, ela se permite isso, o que se expressou a partir da manifestação de *Conhecimentos de currículo*.

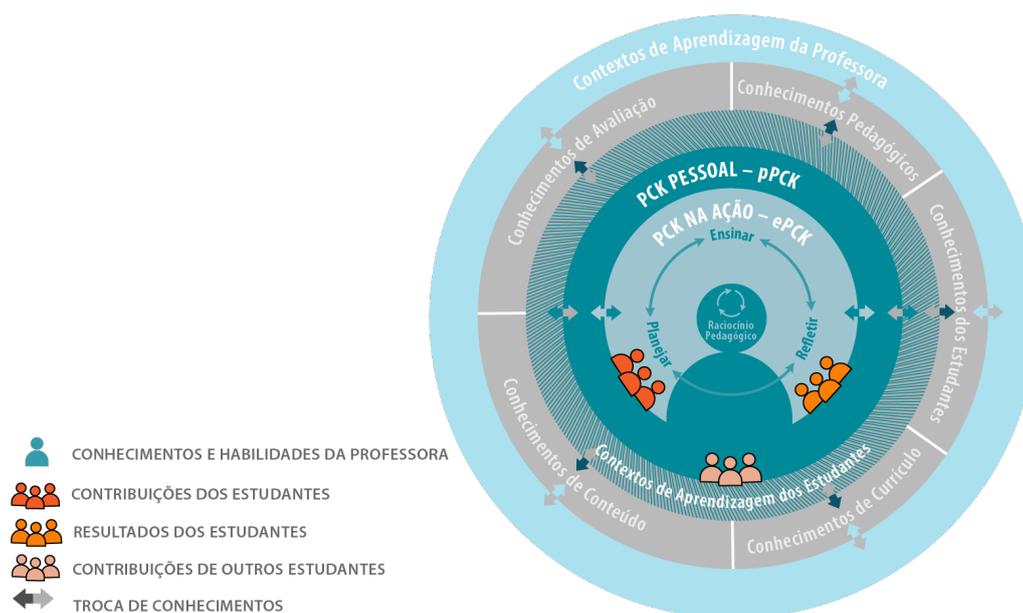
Essas reflexões (*ePCK_R*) sobre a prática em contextos de ECFM (*pPCK*) evidenciam também a aquisição de *Conhecimentos pedagógicos*, uma vez que ela repensa a própria prática e as estratégias que utiliza para conduzir os processos a partir do que acontece. *Conhecimentos de avaliação* se manifestaram quando Lizi afirmou ter percebido como os modelos elaborados pelos licenciandos influenciaram uns nos outros e como o processo de socialização que eles coproduziram foi significativo. Nesse contexto, *CK* também se manifestaram a partir da consideração desses aspectos inerentes à modelagem (observação de como um modelo interferiu no outro e que a socialização é muito importante na ECFM).

Uma expectativa de Lizi era a de que as discussões durante o sexto encontro não fossem extensas demais, o que parece ter sido influenciado pela sua preocupação com o que poderia

ocorrer após este encontro. Isso se refletiu na presença de fatores influenciadores na manifestação de *CPD* de Lizi neste evento. Assim, observamos os seguintes *filtros*: considerar não saber planejar tempo; ocorrer imprevistos relacionados à prática e ao tempo gasto; e perceber que as discussões que conduz demoram mais tempo do que o esperado. Por outro lado, identificamos os *amplificadores*: considerar que as discussões são momentos ricos na ECFM; possibilitar ter acesso ao que estudantes estão pensando (que também contribui para repensar a própria prática); e reconhecer que o tempo que extrapola ao planejado, na promoção de discussões, por outro lado, é um tempo bem investido. No contexto de avaliação do processo de modelagem dos polímeros, uma *crença* de Lizi se destacou: acreditar que o grau de escolaridade de estudantes influencia no envolvimento deles no processo de modelagem.

Na figura 5.28, representamos os *CPD* que se manifestaram na prática de Lizi neste evento didático crítico 2.

Figura 5.28 Caracterização de *CPD* da professora no contexto do evento didático crítico 2 do sexto encontro



Fonte: O autor.

6 CONCLUSÕES

Nesta Tese, buscamos investigar a manifestação de *CPD sobre modelos e modelagem* de uma professora, em contextos de ECFM. Isto gerou resultados que possibilitaram responder às questões de pesquisa (QP) que formulamos na Tese.

Também foi possível fazer uma análise crítica sobre as limitações e potencialidades tanto da Tese quanto de aspectos específicos dela para o campo de Educação em Ciências.

Além disso, indicamos possibilidades de pesquisas futuras que possam contribuir para a melhor compreensão tanto do campo de estudos sobre a ECFM quanto sobre *CPD sobre modelos e modelagem*, este último, em especial, bastante limitado na literatura.

Mas, antes de iniciarmos este capítulo, destacamos que nossas intenções e objetivos não foram, em nenhum momento, julgar a qualidade do trabalho da professora a partir da construção da análise, resultados e conclusões da pesquisa.

6.1 Discussão da QP1: Como CPD sobre modelos e modelagem foram adquiridos ou mobilizados por uma professora formadora da área de Ensino de Química durante sua trajetória em contextos de ECFM?

O primeiro grande grupo de dados que analisamos se refere àqueles adquiridos com a realização da entrevista inicial com Lizi em busca de obter informações sobre contextos dos percursos escolares, acadêmicos e profissionais dessa professora nos quais seus *CPD sobre modelos e modelagem* se manifestaram em situações de ECFM.

Bolzan e Isaia (2010) consideram que estes percursos são vistos como conjuntos de processos complexos, constituídos por movimentos em que revolução e involução, e em que fases da vida e contextos escolares, acadêmicos e profissionais se entrecruzam. Nessas situações, sujeitos se encontram em um mesmo processo histórico, podendo interagir, se distanciar ou mesmo se desconhecer, mas sendo responsáveis pela trama de uma trajetória que, em muitos aspectos, é única (BOLZAN; ISAIA, 2010). Concordando com Bolzan e Isaia (2010), ressaltamos o importante papel da promoção da entrevista inicial, que permitiu identificar, caracterizar e analisar quais os *CPD* Lizi manifestou em cada contexto didático crítico declarado e como eles foram adquiridos (como descrito e analisado, por exemplo, nos subtópicos 5.1.1, 5.1.2.1, 5.1.2.2 e 5.1.2.2.2), sem desconsiderar que, por vezes, eles também eram mobilizados por ela (como, por exemplo, nos subtópicos 5.1.2.2.2, 5.1.4.1 e 5.1.4.2).

Também foi possível reconstruir parte das experiências de ensino e aprendizagem (com predominância deste último) de Lizi na ECFM, desde a Educação Básica até a Pós-Graduação e atuação docente em sala de aula, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior. Nossos questionamentos, planejados para ajudá-la a organizar seus pensamentos, reflexões e incertezas, se refletiram nos resultados obtidos nas análises dos dados desta entrevista, processo no qual nos atentamos para todas as ideias expressas por ela.

Isto foi possível a partir da possibilidade de acesso às suas declarações reflexivas sobre práticas na ECFM vivenciadas, tanto na perspectiva de ensino quanto na perspectiva de aprendizagem. Destacaram-se, nesses contextos, situações de ensino e aprendizagem nas quais a professora adquiriu *CPD* tanto teórica, como quando era estudante (da Educação Básica, Graduação, Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado) quanto empiricamente, por exemplo, no Mestrado e em contextos nos quais era professora mobilizando alguns desses *CPD* dependendo de contextos específicos de promoção da ECFM. Lizi também considerou que, mesmo enquanto professora, precisa se atualizar com relação ao campo de estudos sobre a ECFM, visto que o campo tem avançado significativamente e ela, enquanto formadora de professores, precisa estar atenta a isso (subtópico 5.1.5).

Como apontado pela professora em diversas declarações, aprender com a teoria e com a prática auxiliou a problematizar, compreender e transformar sua prática, além de ressignificar suas crenças, concepções, valores e saberes. Ambos os contextos de aprendizagem da professora, teórico e prático, foram destacados por ela em situações nas quais adquirira *CPD*: observando professores (por exemplo, Educação Básica, Graduação e Mestrado); adquirindo/mobilizando *CPD* ao participar de discussões colaborativas com professores (Mestrado) e com membros de seu GP; mobilizando e adquirindo *CPD* ao ensinar estudantes em vários contextos e níveis de ensino (Mestrado, docência na Educação Básica e na Educação Superior); e adquirindo *CPD* ao realizar estudos individualmente. Assim, consideramos que suas declarações refletiram consistentemente aspectos de sua profissionalidade⁸⁰ reflexiva. Isto entra em consonância com o que Passos e colaboradores (2006) destacam sobre o fato de

⁸⁰ Pautamo-nos na definição de Gorzoni e Davis (2017) de que “a profissionalidade docente está associada a diversos aspectos, tais como: o conhecimento profissional específico; a expressão de maneira própria de ser e atuar como docente; o desenvolvimento de uma identidade profissional construída nas ações do professor e à luz das demandas sociais internas e externas à escola; a construção de competências e o desenvolvimento de habilidades próprias do ato de ensinar conquistadas durante a formação inicial e/ou continuada e também ao longo das experiências de trabalho do professor” (p. 1396).

professores se desenvolverem profissionalmente quando aprendem individualmente ou coletivamente, em comunidades situadas.

Nesta etapa da investigação e numa perspectiva geral, conseguimos identificar, caracterizar e analisar, nos percursos escolares, acadêmicos e profissionais da professora, todos os tipos de *CPD sobre modelos e modelagem*: *CK*, *Conhecimentos de currículo*, *Conhecimentos pedagógicos*, *Conhecimentos dos estudantes*, *Conhecimentos de avaliação*, *cPCK*, *pPCK*, *ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R* (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Observamos que predominou em seus relatos a manifestação de *CPD* das Bases Gerais: *CK*, *Conhecimentos de Currículo*, *Conhecimentos de avaliação*, *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos pedagógicos*; e *PCK* dos domínios *cPCK* e *pPCK*. Entendemos que isto foi ocasionado pela tendência de que, professores declarando seus envolvimento em abordagem/práticas de ensino (no caso desta pesquisa relacionadas a modelos e modelagem) foquem suas declarações em aspectos mais gerais ou contextuais, tais como, abordagens, práticas e estratégias de ensino. *CPD sobre modelos e modelagem* do domínio dos *ePCK* tiveram manifestações tímidas em contextos declarados por Lizi e acreditamos que isto tenha ocorrido pelo motivo inverso: lembrar situações específicas de planejamento, ato de ensinar e reflexão deve ser algo mais desafiador em função da distância dos eventos. Apesar disto, concordamos com Carlson e Daehler (2019) em relação ao ciclo de raciocínio pedagógico do ensino ser dinâmico e o raciocínio pedagógico que ocorre durante todos os aspectos do ensino ser exclusivo de cada professor e de cada momento de ensino, ou seja, eles existem mesmo que não se manifestem nesses contextos. Isto justifica a nossa opção em considerá-lo nas figuras que criamos para representar os *CPD sobre modelos e modelagem* adquiridos pela professora.

Tais conclusões indicaram que, nos percursos de Lizi, todos os *CPD sobre modelos e modelagem* se manifestaram. Contudo, a análise de contextos didáticos críticos específicos que remontaram esses percursos, desde a Educação Básica até a Pós-Graduação e contextos de promoção da ECFM passados, demonstrou que, em cada contexto, conjuntos idiossincráticos de *CPD sobre modelos e modelagem* se manifestaram a partir dos fatos declarados e/ou analisados pela professora.

Na sequência, apresentamos conclusões gerais sobre como Lizi, uma professora especialista e experiente na promoção de ECFM, manifestou *CPD* em seus percursos escolares, acadêmicos e profissionais, em uma perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978) e destacando os principais acontecimentos de cada um deles.

Ficou evidente que, em *contextos* nos quais Lizi era exclusivamente estudante, ou seja, em seus contextos de aprendizagem (Educação Básica e Graduação), ela adquiriu principalmente *CK*, *Conhecimentos de currículo* e *pPCK*, a partir da observação de práticas de professores que ensinavam sobre modelos, conhecimentos estes que podemos considerar como primários ou menos complexos. Por exemplo, durante aulas de um professor do 1º ano do Ensino Médio, Armim, ensinando o conteúdo de Modelos para o Átomo, Lizi adquiriu *CK*, *Conhecimentos de currículo* e *pPCK* (figura 5.1) mesmo que de modo bastante generalista e simplificado. Na Graduação em Química Licenciatura, houve uma ampliação desses *CPD* (figura 5.2), sem menção ou destaque para a aquisição e/ou mobilização de outros tipos de *CPD* sobre modelos e modelagem.

Nos contextos acadêmicos (estudos para o processo seletivo de Mestrado, Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado), além da ampliação desses *pPCK*, *CK* e *Conhecimentos de currículo*, Lizi adquiriu e mobilizou *Conhecimentos de avaliação*, *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos pedagógicos* (figuras 5.4, 5.6, 5.8 e 5.10). Nesses contextos, além de estudos individuais (que se refletiram principalmente em seus *CK* e *pPCK*) experiências de aprendizagem colaborativa, por exemplo, com professores, orientadora e membros de seu GP resultaram na aquisição, mobilização e modificação principalmente em seus *cPCK*, *CK* e *pPCK*.

Assim, interpretamos sua integração em contextos, principalmente de aprendizagem, nos quais trabalhos colaborativos sobre temas de interesse (como modelos, modelagem e ECFM) são mais recorrentes como origem de modificações em seus *CPD sobre modelos e modelagem*. Isto foi evidenciado especialmente a partir de seus relatos sobre a produção de seu projeto de Mestrado (realizando conversas principalmente com Maria), e sua participação em um GP (particularmente quando estava envolvida com Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado). Dessa maneira, relembramos como o contexto e o grau de especialização em que Lizi adquiriu e produziu conhecimentos (MATON; CHEN, 2017) influenciaram nos modos como ela adquiria, mobilizava e modificava seus *CPD*. Como sua participação nesse GP se caracterizou desde o Mestrado (e ainda ocorria na época da entrevista), além de ter sido constantemente ativada na sua história acadêmico/profissional, entendemos ser esta a principal fonte de aquisição de seus *cPCK*.

Durante os estudos para o processo seletivo de Mestrado, Lizi adquiriu os primeiros *CPD* relacionados à modelagem (a partir de estudos teóricos e discussões colaborativas com Maria e membros de seu GP). Isto não foi explicitado por ela, mas o detalhamento de seu projeto evidencia que isto começou naquele contexto.

Durante a Pós-Graduação, a presença de outros sujeitos foi mais pronunciada e teve maior influência nos *CPD* da professora. Isto também se justifica pois estes são contextos nos quais conhecimentos sobre a ECFM tendiam a ser discutidos e construídos de modo colaborativo quando comparados a situações nas quais ela, como estudante, estava aprendendo sobre o tema e adquirindo conhecimentos seja de modo autônomo (por exemplo, realizando estudos individuais) seja de modo colaborativo (por exemplo, participando de discussões em disciplinas específicas ou no GP). Neste cenário, destacaram-se a realização de pesquisas sobre a ECFM com e em colaboração de membros de seu GP. Isto também nos leva a compreender que esses foram cenários de aquisição de *CPD* mais consistentes, vistas as naturezas dos modos como eles eram adquiridos, mobilizados e ampliados.

Especificamente no Mestrado, destacou-se uma transformação de sua visão sobre os objetivos da ECFM (principalmente de ensinar conteúdos científicos curriculares para ensinar conteúdos científicos curriculares e desenvolver habilidades em contextos de práticas científicas e epistêmicas), que caracterizamos como um “ponto de transição” por ter influenciado consistentemente seus *CK* e *pPCK*. Além disso, foi no contexto de Mestrado que Lizi começou a entender de forma mais ampla o significado de modelagem, outro ponto de transição no seu percurso. Também no contexto de Mestrado (figura 5.6), ela sinalizou as primeiras situações nas quais *ePCK* foram manifestados, a partir de *pPCK* adquiridos e mobilizados por ela em sua trajetória acadêmico/profissional, quando ela aplicou, pela primeira vez, uma sequência de modelagem com objetivo de ensinar Equilíbrio Químico a duas turmas de estudantes do colégio da universidade, sequência esta que havia sido planejada em colaboração com Maria. Sua prática na segunda turma originou os dados de sua pesquisa de Mestrado.

Aquele contexto foi determinante para que a professora observasse algumas *affordances* da promoção da ECFM na educação influenciadas pelas primeiras vezes nas quais ela colocava em prática aquilo que havia aprendido. Em relação a tal contexto, ela declarou mobilizar *ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R*, além de outros *CPD* que haviam sido adquiridos anteriormente apenas por meio de estudos teóricos.

Isto também lançou luzes sobre contextos de aprendizagem de estudantes e influências desses contextos e desses sujeitos na aquisição e/ou mobilização de seus *CPD*, principalmente seus *ePCK*. Tais *ePCK* se manifestaram nas declarações de Lizi sobre situações específicas de ensino. Uma delas ocorreu a partir da reflexão sobre ações específicas que ela planejou e realizou no contexto de ECFM praticado no colégio em situações de *testes* e *expressão* de

modelos por um estudante. Analisando suas declarações sobre tal situação, foi possível descrever um ciclo completo de raciocínio pedagógico, elucidando alguns de seus $ePCK_P$, $ePCK_T$ e $ePCK_R$ (figura 5.6).

Os $ePCK$ de Lizi foram os CPD menos caracterizados nos percursos como descritos em suas declarações. Isto era algo que já esperávamos, uma vez que declarações na perspectiva de lembrar e refletir sobre práticas do passado tendem a ser feitas de modo mais generalista, sem apontamentos de detalhes específicos (BELL; GILBERT, 1996).

No contexto de Doutorado (figura 5.8), Lizi seguiu investigando aspectos da ECFM. Porém, ela não apresentou tantos detalhes em suas declarações sobre situações em que se envolveu com a ECFM neste contexto, como ocorreu em relação ao Mestrado (figura 5.6). Apesar disso, uma mudança de foco de pesquisa (do Mestrado para o Doutorado) evidenciou a primeira situação declarada de aquisição, mobilização e ampliação de *Conhecimentos de avaliação* (figura 5.9). Além de ser a primeira manifestação declarada de *Conhecimentos de avaliação*, entendemos que eles foram adquiridos consistentemente em função do foco de sua pesquisa naquele contexto.

Ao informar sobre o Pós-Doutorado, contexto especial de pesquisa, Lizi nos permitiu compreender melhor como seus $cPCK$ contribuíram para a aquisição de CK e $pPCK$. Isto porque ela detalhou como trabalhos relacionados à ECFM e outras abordagens e estratégias de ensino, realizados em colaboração com Maria e com membros de seu GP, ampliaram sua visão sobre modelos e modelagem. O que mais ficou evidente foi a sua compreensão de como a ECFM é uma perspectiva de ensino de Ciências que integra várias outras abordagens e estratégias de ensino, das quais ela destacou a introdução de aspectos de NdC no ensino e argumentação. Para ela, ao ensinar pautada na ECFM, não era preciso preparar aulas sobre essas outras abordagens e estratégias de ensino porque ela conseguia discutir todas elas nas atividades de modelagem (subtópico 5.13).

A partir de perguntas mais direcionadas, Lizi deu detalhes sobre como costuma praticar a ECFM em sala de aula, promovendo discussões sobre modelos e aplicando e discutindo sequências de ensino e atividades de modelagem. Assim, pudemos caracterizar uma gama de CPD por meio das declarações que ela fazia com foco em termos práticos (mobilização da abordagem, prática de modelagem, estratégias e ações de ensino) e experienciais (figura 5.13). Foi possível, inclusive, destacar $ePCK$ declarados (MAZIBE; COETZEE; GAIGHER, 2020), em especial $ePCK_T$, algo que aconteceu pouco nesse contexto de lembrar seus percursos escolares, acadêmicos e profissionais. Caracterização semelhante ocorreu a partir de

declarações de Lizi sobre o planejamento de sequências, práticas, estratégias e atividades para a promoção da ECFM (figura 5.12). Contudo, detalhando como costumava planejar atividades para a ECFM, *ePCK_P* se tornaram mais expressivos.

Em especial, esses resultados nos tornaram mais convictos de que, em entrevistas mais gerais, professores tendem a declarar com mais frequência aspectos de CPD gerais (localizados próximo às bordas do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019)) e não do centro (como os ePCK) – a não ser que o entrevistador pergunte especificamente sobre tais conhecimentos (como ocorreu de modo geral no subtópico 5.1.4).

Lizi também salientou momentos de mudanças em suas trajetórias acadêmica e profissional que foram determinantes para a promoção da ECFM em sala de aula e para a manifestação de *CPD* (figura 5.15). Duas situações que mais se destacaram nesse contexto foram: sua mudança de visão sobre modelos, que teve reflexos em sua compreensão sobre modelagem e na promoção da ECFM; e as influências importantes dos modos como adquiria e compartilhava conhecimentos junto a membros de seu GP.

A influência da sua mudança de visão sobre modelos, que era pautada na ideia de modelos como representações parciais da realidade (MORRISON; MORGAN, 1999) e passou a se pautar em modelos como artefatos epistêmicos (KNUUTTILA, 2005) demarcou um “ponto de transição” na sua trajetória porque mudou os modos como ela passou a compreender modelos, modelagem e a ECFM e, posteriormente, a praticar a ECFM (por exemplo, figuras 5.13 e 5.15).

Por outro lado, sua participação em um GP se caracterizou como um contexto no qual várias mudanças nos modos de conceber modelos, modelagem e a ECFM ocorreram e foram importantes para ela, contextos nos quais ela adquiria, mobilizava e ampliava principalmente seus *CK*, *cPCK* e *pPCK*. Por essas características que permeiam sua participação no GP, não a consideramos como um único “ponto de transição”, mas como vários “pontos de transição” em sua trajetória e história relacionadas à ECFM. Em alguns momentos, esse contexto gerava mudanças menos significativas; em outros, mudanças mais expressivas.

Neste contexto de considerações sobre como Lizi manifestou, em suas declarações, *CPD sobre modelos e modelagem*, destacamos como eles se relacionaram aos níveis de detalhamento ou às entidades:

- *CK*: relacionados a modelos (por exemplo, características e visões sobre eles), prática de modelagem (descrição dos processos ou das etapas que a compõem), perspectiva de ensino

pautada na ECFM (ou seja, aspectos teórico/metodológicos do ensino e aprendizagem fundamentados nela);

- *Conhecimentos de currículo*: relacionados predominantemente a níveis de escolaridade, organização curricular, de disciplinas, de cursos ou de minicursos;
- *Conhecimentos pedagógicos*: relacionados predominantemente à perspectiva de ensino pautada na ECFM, à prática de modelagem e a outras abordagens e estratégias de ensino que a integram;
- *Conhecimentos dos estudantes*: relacionados predominantemente a conhecimentos prévios de estudantes sobre modelos e modelagem e suas principais dificuldades na ECFM;
- *Conhecimentos de avaliação*: manifestados apenas em relação ao contexto de Doutorado, quando Lizi nos deu detalhes sobre sua pesquisa (relacionada à avaliação de habilidades de estudantes na ECFM);
- *cPCK*: relacionados ao compartilhamento de conhecimentos com professores, Maria e membros de seu GP;
- *pPCK*: a partir de declarações sobre experiências de aprendizagem que ocorreram principalmente com professores (Armim, no Ensino Médio; e alguns da Graduação e da Pós-Graduação), com Maria, e com o GP e por meio de estudos teóricos individuais;
- *ePCK*: se manifestaram timidamente em declarações sobre ações situadas e específicas, de modo generalista.

Com a contribuição da professora, declarando situações vivenciadas em contextos didáticos críticos, percorremos um caminho de desenvolvimento (WERTSCH, 1998) que remontou contextos determinantes para seu processo de aquisição, mobilização ou modificação de *CPD*, numa perspectiva processual. Esse caminho, na maior parte das vezes obedecendo a uma ordem temporal, foi constituído por ricos cenários de manifestação desses *CPD* e de fatores que influenciaram em alguma dessas manifestações. Por exemplo, Lizi manifestou *CPD* tanto em seus contextos de aprendizagem quanto em seus contextos de ensino para estudantes e professores (em formação inicial ou continuada).

Por fim, a maneira como Lizi adquiriu *CPD* se mostrou um percurso idiossincrático e especial, que nos deu subsídios para confirmar que ela era uma professora experiente e especialista na ECFM além de possuidora de um repertório de *CPD* bastante amplo e diversificado.

6.2 Discussão da QP2: Como esses CPD se modificaram ao longo do tempo?

Como já discutimos, os *CPD sobre modelos e modelagem* de Lizi foram adquiridos, mobilizados e modificados ao longo de seus percursos escolares, acadêmicos e profissionais numa perspectiva temporal a longo prazo. Isto corrobora as ideias de Carlson e Daehler (2019) de que tais processos podem ocorrer desde a educação formal do professor e a partir de suas experiências de ensino e compartilhamentos de conhecimentos profissionais.

Buscando investigar os *CPD* da professora nesta perspectiva, conseguimos mapear parte de como eles se modificaram, a partir do que ela expressou em suas declarações. Nossos resultados mostram que a modificação desses *CPD* ocorreu principalmente em uma perspectiva de ampliação, desenvolvimento, influências e transformações.

A partir da perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978) que adotamos ao elucidar situações nos contextos de ensino e aprendizagem de Lizi relacionados à ECFM em seus percursos, observamos que a manifestação de seus *CPD* foi gradativa, à medida em que ela adquiria e mobilizava *CPD* nos diversos contextos vivenciados, e progressiva, no que diz respeito à ampliação e modificação desses *CPD*. Tais características indicaram desenvolvimento, uma vez que seus *CPD* se tornaram mais robustos e especializados como passar do tempo.

Isto ficou mais explícito quando começamos por analisar a figura que caracterizara os *CPD* de Lizi adquiridos na Educação escolar (figura 5.1). Tal cenário se caracterizou como um contexto de aprendizagem no qual Lizi declarou adquirir *CK*, *Conhecimentos de currículo* e *cPCK*, influenciados pelo professor de Química Armim quando ele ensinou Modelos para o Átomo. Paralelamente à manifestação desses *CPD*, Lizi adquiria *pPCK* com essas experiências. Consideramos que esses *CPD* são relativamente simples porque se relacionavam a modelos de ensino e a partir dos quais Armim abordou exclusivamente modelos.

No contexto de Graduação em Licenciatura em Química, foi possível caracterizar a manifestação de *cPCK* e *pPCK* (figura 5.2). Lizi não deu muitos detalhes ao declarar situações em que se envolveu com a ECFM neste contexto. Ela expressou que aprendeu sobre modelos, principalmente com Maria (sua orientadora de IC). Assim, entendemos que Lizi pode ampliar alguns de seus *CPD*, por exemplo *cPCK* e *pPCK* a partir de interações com diferentes sujeitos, assuntos e ambientes de aprendizagem constituintes de tal contexto. Isto nos leva a interpretar esse processo como uma ampliação de conhecimentos pré-existentes, mas sem a aquisição de conhecimentos de diferentes domínios (figura 5.3).

Lizi começou a adquirir, mobilizar (teoricamente e por meio de CPD relatados, na perspectiva de Mazibe, Coetzee e Gaigher (2020)) e ampliar *CPD sobre modelos e modelagem* mais robustos na preparação para o processo seletivo do Mestrado, um importante contexto de aprendizagem no qual ela adquiriu novos *CK* e *pPCK*, com os estudos da literatura que aborda a ECFM fundamentais para a elaboração de seu pré-projeto.

Já como mestranda em Educação em Ciências, Lizi se envolveu em contextos de aprendizagem sobre ECFM e de ensino, promovendo a ECFM (figura 5.6). Pela riqueza de informações lembradas e cedidas por ela, consideramos o contexto de Mestrado um dos cenários mais ricos para que Lizi adquirisse, mobilizasse, ampliasse e desenvolvesse seus *CPD*. Ela declarou que foi no Mestrado que compreendeu melhor a modelagem como prática científica e como ela poderia ser usada na Educação. Nesse contexto, houve ampliação e desenvolvimento de seus *CK*, *Conhecimentos de currículo*, *cPCK* e *pPCK*. Além disso, Lizi adquiriu *Conhecimentos dos estudantes*, *Conhecimentos pedagógicos* e mobilizou *ePCK* (*ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R*).

No contexto de aprendizagem da professora, se manifestaram os *CPD* desde os *cPCK* até os *CPD* das Bases Gerais citados, adquiridos com a colaboração de Maria (sua orientadora, professora de uma disciplina que Lizi cursou e membros de seu GP), Arthur (professor da mesma disciplina ministrada por Maria), outros professores da Pós-Graduação.

No Mestrado, Lizi adquiriu e mobilizou, pela primeira vez em seu percurso, *ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R* a partir da declaração da primeira situação na qual ela ensinou Equilíbrio Químico aplicando atividades de modelagem a estudantes do Ensino Médio do colégio da sua universidade, contexto em que coletou dados para sua própria pesquisa. Quando pensamos nessa caracterização a longo prazo, entendemos que todos esses estudantes influenciaram também na ampliação de seus *pPCK*, uma vez que a prática de ensino é situada e que os conhecimentos e sujeitos que influenciam nessa ampliação passam a constituir aspectos de seus conhecimentos individuais, ao longo do tempo.

Resumindo tal cenário, consideramos que ele foi determinante por ser nele que a modelagem e a ECFM fizeram mais sentido para ela; e por ele demarcar um “ponto de transição” em seus percursos escolares, acadêmicos e profissionais em função da aquisição e mobilização de *ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R* em contextos reais de sala de aula. Estes e outros fatores causaram uma modificação no espectro de *CPD* que ela vinha adquirindo, ampliando e desenvolvendo em seus percursos (figura 5.7).

No Doutorado, as declarações de Lizi permitiram caracterizar *CK*, *Conhecimentos de avaliação*, *cPCK* e *pPCK* (figura 5.8). O que ficou mais destacado neste cenário foi a primeira menção à aquisição e ampliação de seus *Conhecimentos de avaliação*. Tais *CPD* se expressaram consistentemente a partir de suas declarações sobre a necessidade de estudar sobre avaliação na ECFM porque este era um dos focos principais de sua pesquisa, na qual ela almejava avaliar habilidades investigativas de estudantes envolvidos em atividades de modelagem. É interessante destacar que Lizi não declarou como mobilizou *Conhecimentos de avaliação*, mas foi categórica ao afirmar que os adquiriu a partir dos seus estudos. Isto lançou luzes sobre a natureza dos *CPD* declarados em detrimento dos praticados. Ela afirmou ter estudado bastante sobre avaliação nesse contexto (*CK*) o que nos faz compreender que esses *CPD* foram adquiridos de forma ampla. Maria, sua orientadora de Doutorado, teve influências destacadas neste contexto de manifestação de *CPD*.

Quando buscamos visualizar o espectro de caracterização de *CPD* sobre modelos e modelagem de Lizi até o Doutorado (figura 5.9) observamos que ela manifestou *CPD* de todos os tipos, mesmo que alguns deles tivessem se manifestado apenas em alguma situação específica.

O Pós-Doutorado foi um contexto específico de pesquisa no qual Lizi declarou ter vivenciado situações nas quais puderam ser caracterizados *CK*, *cPCK* e *pPCK* (figura 5.10). Neste cenário, destacou-se uma definição mais ampla sobre modelagem (*CK*) feita por Lizi, que passou a reconhecê-la como uma prática que, quando usada no ensino, pode estimular estudantes a adquirir habilidades argumentativas, criatividade etc. e permite o uso de várias outras estratégias de ensino integradas a ela. Além disso, destacou-se a aquisição de *CPD* voltados para a integração entre estratégias de ensino fundamentadas tanto em aspectos de NdC quanto na modelagem. Trabalhos colaborativos com Maria e com membros de seu GP contribuíram para a ampliação e o desenvolvimento de *CPD* neste contexto (figura 5.11).

Já atuando como professora na Educação Superior, Lizi teve oportunidades de desenvolver seus *CPD* ao ministrar cursos e disciplinas voltadas para a ECFM a licenciandos e professores em formação continuada. Os *CPD* que mais se destacaram foram *Conhecimentos de currículo*, *Conhecimentos dos estudantes*, *Conhecimentos pedagógicos* e *pPCK*. Apesar de declarar ter promovido a ECFM nesse contexto, ela não especificou nenhuma situação em particular na qual isto tivesse acontecido. Além disso, Lizi se posicionou como a promotora de ações, mas sem caracterizar como estudantes reagiam a isso. Por isso, esses estudantes

influenciaram nos seus *CPD* no contexto de caracterização de seus *pPCK*, mas não em contextos de mobilização de *ePCK*.

Esses *ePCK* (*ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R*) puderam ser caracterizados apenas quando Lizi fez declarações sobre como ela planejava atividades para a promoção da ECFM nesses cursos de formação de professores (figura 5.12). Assim seus *ePCK_P* tiveram destaque porque o contexto de reflexão (sobre planejamento) favoreceu sua manifestação. Ao explicar como costumava fazer os planejamentos, Lizi manifestou também *Conhecimentos dos estudantes*, *Conhecimentos pedagógicos*, *cPCK* e *pPCK*.

Tal caracterização foi importante por tornar mais claro para nós que, ao planejar atividades para a promoção da ECFM, Lizi considerava mais necessário mobilizar conjuntos de *Conhecimentos dos estudantes* (por exemplo, sobre nível de escolaridade, conhecimentos prévios etc.) e mobilizar estratégias de ensino (*Conhecimentos pedagógicos*) que sejam relevantes para compor a estratégia de ensino e para auxiliar na conduzir o processo, do que *CK*.

Semelhante a esse contexto de reflexão, Lizi fez declarações que nos permitiram caracterizar *ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R*, *pPCK*, *CK*, *Conhecimentos pedagógicos* e *Conhecimentos de currículo* sobre como ela se organizava para promover a ECFM em sala de aula (figura 5.13).

Entender melhor como Lizi organizava os cursos, disciplinas ou aulas tornou mais evidente que suas principais intenções eram focadas em conduzir bem a modelagem (prática epistêmico-científica) e não em ensinar conteúdos, como ocorria no início de sua carreira docente (subtópico 5.1.4.1). Isto evidenciou outro desenvolvimento de sua visão e de seus *CPD* e, como destacado pelos modos de planejar e aplicar atividades para a ECFM, passou a ser a modelagem e o favorecimento de oportunidades para estudantes vivenciarem uma prática análoga à dos cientistas, construindo conhecimentos a partir dessas vivências.

Uma circunstância que chamou atenção em suas declarações sobre como pratica a ECFM, em comparação a contextos de planejamento, foi a consideração de influências de estudantes em contextos de ação. Isto é coerente com o modelo de PCK que adotamos (CARLSON, DAEHLER, 2019) porque, ao descrever estratégias e ações que promovia, Lizi teve que situar para quem ou com quem tais estratégias e ações eram realizadas. Por isso, os *ePCK_T* foram os *ePCK* que mais se manifestaram em suas declarações sobre a promoção da ECFM. Além disto, considerando que suas reflexões sobre os *ePCK_T* foram mais complexas neste contexto, entendemos ter ocorrido um desenvolvimento deste *CPD*.

Nossa noção de ampliação e desenvolvimento de *CPD* de Lizi ganhou mais sustentação quando focamos nossas lentes na caracterização que fizemos desses *CPD* adquiridos e que se manifestaram no contexto de mudanças nas suas trajetórias escolares, acadêmicas e profissionais relacionadas à promoção da ECFM em sala de aula (figura 5.15). Isto indicou um desenvolvimento de seus *CPD* evidenciado principalmente pelas mudanças: na sua visão sobre modelos, modelagem e ECFM, quando passou a compreender modelos como artefatos epistêmicos; e nas maneiras de conduzir a ECFM fazendo com que estudantes participassem mais ativamente dos processos (por exemplo, interagindo, trabalhando em grupos, produzindo analogias etc.). Além disso, novamente, Lizi destacou a importância de participar ativamente de seu GP em termos de ampliar e desenvolver seus conhecimentos relacionados à ECFM. Por fim, a figura 5.16 favorece uma compreensão mais ampla dos *CPD sobre modelos e modelagem* que se manifestaram nos percursos de Lizi e de sujeitos (possíveis de serem identificados e caracterizados) que neles exerceram alguma influência.

Reconhecemos que nosso cuidado com a condução da entrevista inicial com a professora foi importante para auxiliar suas reflexões sobre sua aprendizagem e sua prática docente na ECFM na perspectiva do passado. Além disso reconhecemos que, no início da análise de dados, não era nosso objetivo destacar aspectos do desenvolvimento de *CPD* de Lizi. Porém, observamos que, além de permitir identificar, caracterizar e analisar esses *CPD* em suas trajetórias, nossos dados favoreciam caracterizar, mesmo que superficialmente, a ampliação e o desenvolvimento de seus *CPD* a partir de uma perspectiva histórica-evolutiva (VIGOTSKI, 1978) remontada cerca de 20 anos.

Isto se destacou a partir da análise das figuras (5.1, 5.3, 5.5, 5.7, 5.9 e 5.11 e 5.14), que mostram uma acentuação gradativa das cores dos círculos concêntricos que representam os *CPD* e cujos objetivos eram representar a ampliação desses *CPD* a partir das experiências de Lizi, adquiridas com o passar do tempo e em contextos específicos.

CPD sobre modelos e modelagem já foi objeto de estudo de outros pesquisadores (por exemplo, BELL; GILBERT, 1996; CRAWFORD; CULLIN, 2004; 2005; DANUSSO; TESTA; VICENTINI, 2010; GILBERT; JUSTI, 2016; HESTENES, 1987; JUSTI *et al.*, 2011; JUSTI; GILBERT, 2003; JUSTI; VAN DRIEL, 2005; KENYON *et al.*, 2011; LEHRER; SCHAUBLE, 2012; NERSESSIAN, 2008; SCHWARZ, 2009; VAN DRIEL; BERRY, 2012). Contudo, quase a totalidade desses estudos investigou o desenvolvimento profissional docente de licenciandos ou professores em formação continuada e não de professores experientes e/ou especialistas em ECFM, perfil de Lizi.

Tal como sugerem Justi e van Driel (2005), concordamos que o processo de desenvolvimento de professores deve ser de longo prazo, porque aspectos específicos de novas experiências, sejam elas bem-sucedidas ou não, precisam ser discutidos várias vezes para favorecer um desenvolvimento consistente. Contudo, nenhuma das pesquisas às quais tivemos acesso abordou o desenvolvimento de *CPD* ao longo de um período tão extenso de tempo e contemplando desde as experiências de aquisição e/ou mobilização de *CPD* mais gerais (como os adquiridos por Lizi enquanto estudante em contextos de Educação Básica e Graduação) (figuras 5.1, 5.2 e 5.3) até *CPD* mais específicos mobilizados na ação (por exemplo, figuras 5.6, 5.12 e 5.13).

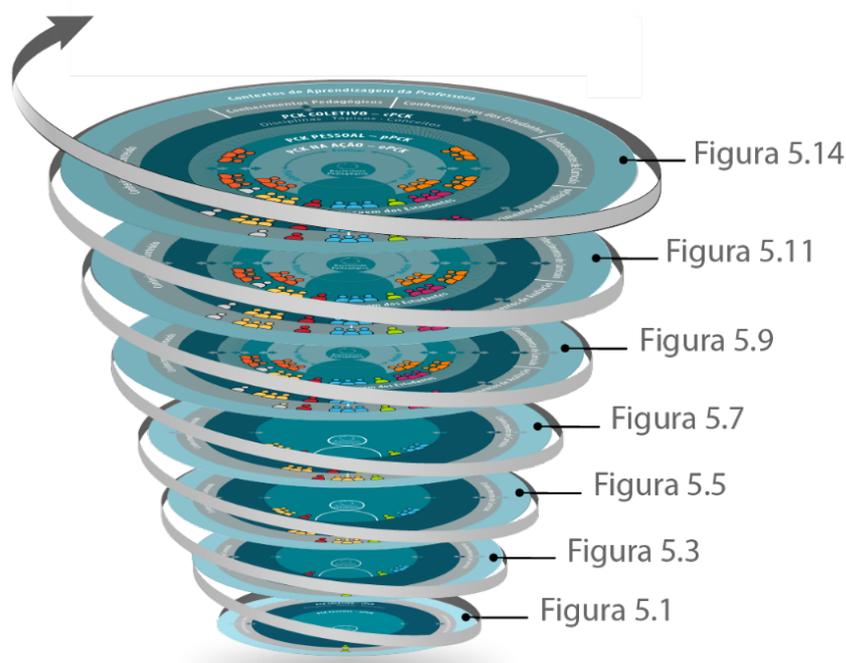
Sobre o processo de desenvolvimento dos *CPD* de Lizi em suas trajetórias escolares, acadêmicas e profissionais, nossas análises elucidaram e auxiliaram a esclarecer importantes aspectos do desenvolvimento desses *CPD* em situações de ECFM, expondo fatores que promoveram ou dificultaram esse desenvolvimento, algo discutido melhor adiante.

Em resumo, nas situações a partir das quais Lizi se lembra de ter começado a tomar consciência sobre *CPD*, eles eram relativamente mais simples, primários e voltados para conhecimentos sobre modelos. Entendemos que isto não poderia ser diferente porque eles se manifestaram primeiramente em suas declarações sobre seu contexto de Educação Escolar no Ensino Médio (contexto predominante de aprendizagem). Na Graduação, Lizi não vivenciou situações que a permitissem adquirir *CPD* diferentes daqueles adquiridos no Ensino Médio, mas suas declarações evidenciaram que ela ampliou seus *CPD* existentes, ainda relacionados somente a modelos. Em contextos de Pós-Graduação, além da insurgência de outros contextos de aprendizagem da professora, sujeitos influenciaram na aquisição, ampliação e desenvolvimento de *CPD*. Foi nesse cenário que Lizi adquiriu, pela primeira vez, *CPD* relacionados à modelagem, a partir de estudos aprofundados sobre a ECFM. No Pós-Doutorado, ela ampliou seu campo de visão sobre a abrangência da ECFM e seus relacionamentos com outras abordagens ou estratégias de ensino. Com isto, Lizi percebeu que a ECFM poderia se tornar mais significativa a partir desses relacionamentos. Por fim, outros contextos de promoção da ECFM e de mudanças que ela declarou que ocorreram nesses contextos influenciaram na aquisição e desenvolvimento de seus *CPD*.

Na figura 6.1, representamos como compreendemos o desenvolvimento de *CPD* de Lizi durante seus percursos. Isto se expressa principalmente na sutil acentuação de cores nas figuras (5.1, 5.3, 5.5, 5.7, 5.9, 5.11 e 5.14) que a constituem, a partir da representação desses *CPD* em

espiral ascendente, e da consequência disto: tais figuras serem inseridas com tamanho maior na direção da espiral ascendente.

Figura 6.1 Representação do desenvolvimento de *CPD* da professora ao longo de seus percursos escolar, acadêmico e profissional



Fonte: O Autor.

Mesmo assumindo que a caracterização de *CPD* nos contextos se apresenta estaticamente (nas figuras que constituem a 6.1), a acentuação de cores, a espiral e os tamanhos das figuras dentro de tal espiral nos ajudam a representar o que entendemos como o desenvolvimento de *CPD* de Lizi.

Após integrar as figuras anteriores à espiral, observamos a ampliação progressiva do tamanho dos modelos, resultando em uma unidade na qual buscamos caracterizar o desenvolvimento. A análise da figura 6.1 mostra também como ícones representativos de sujeitos se tornam mais expressivos (em quantidade) juntamente com a ampliação dos *CPD* de Lizi. Apesar de considerarmos e representarmos o processo de modificação de seus *CPD* como um processo progressivo, tal processo não ocorreu linearmente. Por exemplo, pelas informações fornecidas pela professora, houve situações mais recentes nas quais ela parece ter manifestado *CPD* de modo menos complexo do que em contextos anteriores.

Entendemos que, como qualquer outro modelo, a figura 6.1 apresenta limitações. Contudo essas potencialidades que apontamos nos auxiliaram a representar como entendemos o desenvolvimento dos *CPD* da professora nos seus percursos.

Destacamos também duas considerações gerais sobre esses contextos de desenvolvimento de *CPD* de Lizi. A primeira, se refere aos modos como tais processos ocorreram: influenciados pela sua observação de professores conduzindo atividades para a ECFM, por seus estudos teóricos sobre a ECFM; e pela aplicação de atividades de ensino para a ECFM em contextos de Educação Básica, Graduação e cursos voltados para a formação de professores de Ciências.

Essa diversidade de experiências em contextos de ECFM contribuiu para Lizi adquirir e desenvolver, tanto na teoria quanto na prática, um repertório de conhecimentos bastante consistentes – um dos motivos pelos quais a consideramos uma professora experiente e especialista em ECFM. A segunda consideração se refere à constatação de como os *CPD* identificados foram se ampliando e desenvolvendo constante e progressivamente, ora modificando *CPD* já adquiridos, ora adicionando novos *CPD* (como no modelo representado na figura 6.1).

Vários especialistas em PCK de professores de Ciências consideram que tanto *CPD* das Bases Gerais quanto *cPCK* e *ePCK* tendem a se transformar em *pPCK* desses professores a longo prazo. Esses *pPCK*, por sua vez, são acessados pelo professor, que seleciona alguns de seus aspectos para mobilizar *ePCK* (CARLSON; DAEHLER, 2019; MAVHUNGA, 2019; SORGE; STENDER; NEUMANN, 2019; CARPENDALE; HUME, 2019; ALONZO, BERRY; NILSSON, 2019; MAZIBE; COETZEE; GAIGHER, 2020). Com esse mesmo entendimento, consideramos que, a longo prazo, todas as experiências de Lizi (tanto adquirindo quanto mobilizando *CPD* de domínio das Bases Gerais, *cPCK* e *ePCK*) tendem a compor seus *pPCK*. Assim, a manifestação imediata e situada de tais *CPD* foi representada no círculo concêntrico do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019). Porém, a longo prazo, *CPD* do domínio das Bases Gerais, *cPCK* e *ePCK* se “transformam” em *pPCK* porque passam a incorporar esses *pPCK*, se tornando (também) os conhecimentos individuais adquiridos por ela (individual ou colaborativamente). Isto também se aplica a fatores que influenciam na manifestação desses *CPD*, que migram e tendem a se “transformar”, com o passar do tempo, em experiências individuais (compondo os *pPCK*). Também entendemos que, com o passar do tempo, as influências de distintos sujeitos, ocorridas em contextos específicos e imediatos de manifestação dos *CPD* de Lizi, também passaram a influenciar seus *pPCK*.

Salientamos que caracterizar a ampliação, desenvolvimento e transformação de *CPD* diversos em *pPCK* (e representar isto) não foi uma tarefa fácil e que, geralmente, só pode ser realizada parcialmente. Contudo, evidenciar as transformações dos outros conhecimentos nos *pPCK* não foi possível a partir do modelo utilizado. Uma possível justificativa para sustentar essas afirmações é considerar que a pesquisa se sustenta em um processo de análise que, inerentemente, nos leva a esses resultados. Isto porque as declarações de Lizi são fundamentadas em seus conhecimentos, ou seja, seus *pPCK* que, quando expressos e “mapeados”, perdem essencialmente características transformadoras porque são as mudanças mais externas que influenciam essa transformação. Assim, quando a pesquisa vai ao encontro de situações nas quais *pPCK* e *ePCK* são declarados, eles já recebem uma carga filtro/amplificador nas declarações e por outro caminho, os *cPCK* já estão muito mesclados com esses níveis de *CPD*.

Esta pesquisa destaca que, além da influência consistente das experiências adquiridas por Lizi em sua vida profissional que resultaram na constituição de seus *CPD*, houve influências de outros contextos de aprendizagem dessa professora – na Educação Básica, na Educação Superior, na Pós-Graduação, assim como a partir da prática de ensino para a ECFM. Assim, concordamos com Kunter e colaboradores (2013) ao ampliarem essa consideração de Sorge, Stender e Neumann (2019) levando em conta todas as oportunidades de aprendizagem vivenciadas por professores na integração e desenvolvimento de *CPD*. Nesta visão, que mais se aproxima à nossa, a aprendizagem docente é influenciada por suas experiências, características pessoais e contextos vividos (ou seja, pelas experiências com o ensino e com a aprendizagem de um professor).

Carlson e Elliott (2019) também salientam que a aquisição e constituição de *CPD* por um professor de Ciências podem ser informadas e melhor compreendidas quando suas experiências anteriores de ensino, bem como suas próprias experiências de aprendizado, são levadas em conta de maneira a possibilitar uma compreensão sobre como tais *CPD* se originam e se desenvolvem. Isto endossa nossas considerações sobre contextos de aprendizagem do professor em contextos educacionais, algo destacado implicitamente no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) e que tornamos explícito nas representações que produzimos sobre os *CPD* manifestados por Lizi em suas declarações sobre seus contextos de ensino e aprendizagem relacionados à ECFM (figuras 5.1 à 5.14) adicionando um círculo concêntrico representativo de *contextos de aprendizagem da professora* que integra todos os círculos representativos de seus *CPD*. Esta adição também foi feita nas figuras representativas de mobilização de *CPD*

sobre modelos e modelagem na promoção da ECFM por Lizi no curso para licenciandos da RP (figuras 5.17 a 5.28).

6.3 Discussão da QP3: Como a professora manifesta CPD sobre modelos e modelagem no contexto de um curso de formação de professores de Química voltado para a ECFM?

Para responder esta QP, utilizamos os resultados das análises dos *CPD sobre modelos e modelagem* manifestados por Lizi durante a promoção da ECFM no curso da RP, ofertado a licenciandos em Química. Para este curso, Lizi elaborou um roteiro de ensino constituído por várias atividades (Anexo), a partir das quais intencionava promover a ECFM dos licenciandos para que eles aprendessem sobre ela e sobre abordagens e estratégias de ensino afins, vivenciassem atividades sobre modelos e modelagem produzidas para ser aplicadas a estudantes do Ensino Médio, refletissem sobre as experiências como licenciandos e pensassem em formas de promover a ECFM nas escolas quando se tornassem professores de Química. Dentre as atividades do roteiro, algumas abordavam modelos (principalmente o texto sobre os quasicristais e a atividade das representações de plantas de casas) e outras eram efetivamente de modelagem (principalmente a atividade de modelagem do processo de produção do chocolate *Suflair* e a sequência de atividades de modelagem sobre polímeros).

Neste contexto, identificamos, caracterizamos e analisamos os *CPD* de Lizi que se manifestaram durante as situações nas quais modelos e modelagem eram temas explicitamente tratados por ela. Esses passos foram dados a partir do tratamento dos dados oriundos de diversas fontes. Observamos que essas manifestações se caracterizaram predominantemente via mobilização de aspectos de seus *CPD* das Bases Gerais de modos bastante variados; partes dos seus *pPCK* explicitados por vezes quando ela se referia a situações que vivenciou anteriormente e que serviram como ponto de partida, inspiração, adequação etc. de atividades sobre modelos e modelagem que promovia no curso; e de *ePCK*, *ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R*, que foram os mais pronunciados, visto o contexto de ações para a promoção efetiva da ECFM.

Para investigar como Lizi mobilizou os *CPD*, analisamos como ela manifestou esses *CPD* no curso de um modo geral (tópico 5.2 e subtópico 5.2.1); nos encontros, o que resultou na produção de mapas de episódio desses encontros (quadros 5.3 à 5.8); e de 12 eventos didáticos críticos selecionados dos encontros (subtópicos 5.2.1.1.1, 5.2.1.1.3; 5.2.1.3.1 à 5.2.1.3.4; 5.2.1.4.1 e 5.2.1.4.2; 5.2.1.5.1; e 5.2.1.6.1.1 e 5.2.1.6.1.2), que se caracterizaram como situações especiais e determinantes para o andamento do curso. Esses *CPD* foram

representados em figuras (5.14 a 5.28) nas quais constam também os sujeitos que, de uma forma direta (licenciandos) ou indireta (Maria, membros de seu GP, outros estudantes etc. que participaram de outras situações que foram lembradas pela professora e que tinham relações com o que ela fazia nos eventos).

Observamos que a mobilização de *CPD* nas situações do curso analisadas se mostrou muito mais dinâmica do que prevíamos. Além disso, na maioria das vezes, os modos como Lizi mobilizou *CPD* eram idiossincráticos, e por vezes, apresentavam certas semelhanças entre eles.

Considerando inicialmente a mobilização de *ePCK*, isto ocorreu em todos os eventos que analisamos. Em quase todos eles, Lizi mobilizou todos os tipos de *ePCK*: *ePCK_P*, *ePCK_T* e *ePCK_R* (figuras 5.17, 5.18, 5.20, 5.21, 5.22 e 5.23). Isto é algo que não nos surpreendeu em função da natureza dos contextos e das atividades que ela conduziu, além da seleção que fizemos dos eventos didáticos críticos⁸¹. Apenas nas figuras 5.19 e 5.24 não caracterizamos todos os *ePCK*, sendo que nelas não ficou explícita a mobilização de *ePCK_R* e de *ePCK_P*, respectivamente.

Uma das causas que possibilitou esses resultados foi o fato de realizarmos entrevistas pré e pós-encontros e analisarmos os resultados delas, triangulando-os aos dados adquiridos na observação dos encontros (complementados pelos artefatos notas de campo, roteiro de ensino etc.). Porém, a caracterização de ciclos de raciocínio pedagógico planejar-ensinar-refletir foi um desafio na pesquisa e só foi possível em algumas situações específicas – algo que já esperávamos pois nem sempre um professor explicita todos estes raciocínios.

Entendemos que a impossibilidade de caracterizar os ciclos de raciocínio pedagógico decorreu também do fato de a explicitação do planejamento (*ePCK_P*) e as reflexões (*ePCK_R*) não terem ocorrido, respectivamente, exatamente antes e após cada ação (*ePCK_T*), resultando em Lizi fazer referências às situações ocorridas, mas em diferentes níveis de detalhamento.

Somente em alguns momentos específicos, tivemos evidências de manifestação de ciclos de raciocínio pedagógico completos, um dos motivos pelos quais não nos preocupamos tanto com isto, mas em compreender a mobilização de *CPD* na sala de aula.

Ainda em relação a tal ciclo, Carlson e Daehler (2019) o consideraram no RCM e como ele se expressa na manifestação de *ePCK* indicando o movimento em sentido único que denota o planejar-ensinar-refletir (figura 2.2). Alonzo, Berry e Nilsson (2019) ampliam as

⁸¹ Evidenciando a influência do pesquisador sobre a pesquisa (ERICKSON, 2012).

considerações de Carlson e Daehler explicando que o ciclo de raciocínio pedagógico pode ocorrer em ambos os sentidos e sem um processo ocorrendo em primazia relacionado aos outros (figura 2.3). Isto está coerente com a dinâmica de manifestação dos ePCK quando um professor está em ação gerando tais ciclos de raciocínio e colocando-os em prática. Nossos resultados corroboram esta visão ampliada e, por isto, apresentamos o ciclo de raciocínio pedagógico em todas as figuras que os representam usando setas duplas indicando sentidos bidirecionais.

Sobre os pPCK, fazemos novamente a seguinte ressalva: compreendemos que eles fazem parte de todo o repertório de CPD individuais de um professor e que é impossível termos acesso a este repertório, visto que ele tem natureza cognitiva. Contudo, podemos reconhecer parte desses pPCK a partir do momento em que eles se tornam acessíveis a nós por meio de expressões e evidências de uso pelo professor. Foi neste cenário que nos pautamos para identificá-los e caracterizá-los na prática de Lizi.

A partir disto, e da seleção e descrição dos eventos didáticos críticos, conseguimos identificar, caracterizar e analisar a mobilização de parte dos pPCK de Lizi em quase todos os eventos, com exceção de um único evento didático crítico (figura 5.19). Esses pPCK se expressaram nas ações de Lizi lembrando situações que influenciaram em algum aspecto da prática vigente no curso – como aspectos dos planejamentos das atividades individual, de ações que havia realizado relacionadas às ações que realizava na perspectiva do presente, de situações que mudou ou adaptou no planejamento e na prática, assim como de justificativas que apresentou para isso a partir de reflexões sobre situações anteriores etc.

Entendemos que essas situações foram importantes para não enviesarmos nossa análise com aquilo que acreditávamos que estava acontecendo, mas para analisarmos os pPCK a partir daquilo que ficava evidente na prática de Lizi ao planejar, realizar ações e refletir sobre elas.

A mobilização de cPCK na prática também foi possível a partir dos mesmos critérios e rigor que utilizamos ao identificar e caracterizar os pPCK. Especificamente, eles foram identificados a partir de expressões de Lizi sobre algum aspecto da prática que teve influência de outros sujeitos que colaboraram para que a prática, naquele momento, pudesse ocorrer do jeito que ocorria. Nos eventos didáticos críticos, sua mobilização foi mais tímida do que em contextos de declaração dos CPD, tendo ocorrido apenas em dois eventos (figuras 5.20 e 5.21) e influenciada pelos membros de seu GP.

Os CPD das Bases Gerais se expressaram de modos bastante variados e sem um padrão de ocorrência. O que ficou claro foi que a mobilização deles dependia e era consubstanciada à mobilização de ePCK específicos de cada ação ou estratégia adotada. Por exemplo, quando Lizi

definia aspectos da modelagem, isto acontecia com a mobilização de *CK*; quando agia no sentido de conduzir os processos, ela também mobilizava *Conhecimentos pedagógicos*; quando explicava aspectos organizacionais relacionados à ECFM, mobilizava *Conhecimentos de currículo*; quando refletia e avaliava os licenciandos nos processos, mobilizava *Conhecimentos dos estudantes* e *Conhecimentos de avaliação*. Na maioria das vezes, em um mesmo conjunto de ações de planejar, ensinar ou refletir, Lizi mobilizava vários *CPD* das Bases Gerais que sustentavam tais ações.

Essas observações tornaram evidentes dinâmicas de movimentos de mobilização de *CPD* que eram bem idiossincráticas e não necessariamente se expressavam com movimentos sequenciais de *CPD* expressos em camadas do modelo RCM (CARLSON; DAEHLER). Nossos dados indicaram que isto, inclusive, era algo que pouco ocorria porque quase sempre não era possível identificar *CPD* que se encontram internamente no modelo, como os *cPCK* e *pPCK*, ao passo que era possível identificar relações entre os *CPD* das Bases Gerais e *ePCK*. Isto está de acordo com referenciais teóricos (GRANGEAT, 2015; GRANGEAT; HUDSON, 2015; CROSS; LEPAREUR, 2015) e de nossas convicções de que a expressão de *CPD* na prática não necessariamente nos permite acesso a aspectos cognitivos desses *CPD* (com destaque para os *pPCK*), mas àquilo que realmente fica evidente.

Transformações e desenvolvimento de *CPD* não foram possíveis de ser identificados no curso para a promoção da ECFM. Como o curso foi relativamente curto e ocorreu em um espaço de tempo relativamente pequeno (aproximadamente 2 meses), considerá-lo isoladamente tornaria inviável identificar transformações e desenvolvimentos desses *CPD*. Isto ficou mais claro para nós quando comparamos os dados adquiridos a partir da entrevista inicial (que sustentaram a discussão das QP 1 e 2) aos dados originados da promoção da ECFM no curso da RP.

Outro aspecto importante foi a constatação de que a mobilização de *CPD* não era compatível ao que Carlson e Daehler (2019) descrevem nos *PCK* como níveis de detalhamento e possibilidades de manifestação dos *PCK*. Isto porque Lizi, em sua prática docente voltada para a ECFM, mobilizava *PCK* nos níveis de:

- ECFM: quando *CPD* eram mobilizados para tratar da ECFM como perspectiva de ensino de Ciências;
- Modelagem: quando a prática de modelagem (definição, etapas e processos) era ressaltada;
- Modelos: quando este artefato epistêmico era ressaltado em termos de mobilização de *CPD*;

- Roteiros de ensino para a promoção da ECFM: quando *CPD* eram mobilizados em relação a atividades de ensino para a promoção da ECFM;
- Sequências e/ou atividades de ensino para a promoção da ECFM: quando *CPD* eram mobilizados em relação às sequências e/ou atividades de ensino para a promoção da ECFM;
- Estratégias de ensino para a promoção da ECFM: quando estratégias de ensino para a promoção da ECFM eram promovidas a partir de mobilização de *CPD*;
- Ações para promoção da ECFM: quando *ePCK* eram mobilizados.

Sobre a mobilização dos *CPD*, identificamos que isto geralmente ocorria em relação a esses níveis de detalhamento como caracterizado a seguir:

- *CK*: quando a professora definia modelos, tipos de modelos, visões sobre modelos, suas características e funções; modelagem, etapas processos e dinâmica da modelagem etc.;
- *Conhecimentos de currículo*: quando a professora situava a ECFM em termos de organização curricular, disciplinar, de prática, roteiros, sequências, estratégias ou ações;
- *Conhecimentos pedagógicos*: quando a professora mobilizava estratégias e ações gerais para promover a ECFM em termos de planejamento, ensino e reflexão nos níveis caracterizados acima (desde a perspectiva ECFM às ações para a promoção da ECFM);
- *Conhecimentos dos estudantes*: quando a professora situava a participação, características, ações etc. de estudantes nos contextos de ECFM, principalmente quando esses fatores influenciavam suas decisões;
- *Conhecimentos de avaliação*: quando a professora avaliava os licenciandos nos processos pautados na ECFM relacionados aos níveis que detalhamos, tais como: envolvimento (por exemplo, no curso, em atividades ou a partir de respostas deles a estratégias adotadas); participação nas discussões teóricas, na elaboração de modelos, em etapas específicas do processo e na comunicação de modelos; mobilização de conhecimentos (cotidianos e científicos) – situações nas quais, muitas vezes, identificava dificuldades que eles enfrentaram.
- *cPCK*: quando a professora indicou influências de membros de seu GP em alguma situação do curso desde níveis de perspectiva de ensino (ECFM) até níveis de ações (para promover a ECFM);
- *pPCK*: quando a professora expressou aspectos dos seus conhecimentos individuais relacionados à ECFM em todos os níveis de detalhamento;
- *ePCK*: quando a professora planejava (*ePCK_P*), promovia ações de ensino em sala de aula (*ePCK_T*) e refletia (*ePCK_R*) sobre alguns desses níveis de detalhamento.

Algumas formas de mobilização de *CPD* eram mais predominantes do que outras, algo esperado haja vista a riqueza do processo oportunizado por Lizi aos licenciandos. Por exemplo, Lizi mobilizava *ePCK_T*, *ePCK_R* e *Conhecimentos de avaliação* quando ressaltava: potencialidades de cada modelo elaborado pelos grupos, os modos como eles mobilizaram e organizaram conhecimentos para explicar seus modelos, e a participação ativa deles nos processos; e *ePCK_T* e *Conhecimentos pedagógicos* quando se posicionava frente a questionamentos dos licenciandos sobre modelos ou modelagem não oferecendo respostas prontas, mas promovendo discussões que os levassem, em conjunto, à obtenção de respostas consensuais.

Resumindo, a mobilização de *CPD* se alinhava ao foco das discussões e a como Lizi conduzia as atividades para a promoção da ECFM ora numa perspectiva mais holística (abordagem, roteiros e sequências) ora numa perspectiva mais específica do que esta (focada em estratégias e ações específicas), dependendo da complexidade de seu raciocínio pedagógico relacionado à ECFM exigido em cada situação.

Situações nas quais houve maior mobilização de *CPD* e com mais diversidade e complexidade ocorreram nos eventos didáticos críticos relacionados à comunicação dos modelos elaborados pelos grupos de licenciandos. O primeiro deles, ocorreu no terceiro encontro (quadro 5.5) no evento didático crítico no qual Lizi conduziu o processo de comunicação de modelos elaborados pelos grupos de licenciandos para propor e explicar o processo de produção do chocolate *Suflair* (subtópico 5.2.1.3.3 e figura 5.22). O segundo, ocorreu no sexto encontro (quadro 5.8) durante o evento de apresentação, explicação e comunicação dos modelos elaborados pelos grupos de licenciandos para explicar o comportamento das estruturas de materiais plásticos frente ao experimento de aquecimento dos mesmos (subtópico 5.2.1.6.1 e figura 5.27).

Estes e outros processos de comunicação de modelos que ocorreram no curso nos fizeram lançar olhares mais atentos para eles e os entendermos como práticas científico-epistêmicas da modelagem. Esperávamos que, ao conduzir os processos comunicativos de entidades bastante diferentes (processo de produção do chocolate e estrutura molecular e comportamento de materiais) e de contextos de modelagem distintos (cotidiano e científico), Lizi mobilizasse *CPD* diferentes e de diferentes maneiras. Contudo, os resultados da análise indicaram semelhanças na condução dos eventos. Por exemplo, os fatos de os processos de modelagem oportunizados por Lizi envolverem entidades diferentes (chocolate, plásticos e pneus) e requererem a mobilização de diferentes tipos de conhecimentos não resultaram em

diferenças tão significativas na condução dos eventos. Creditamos a isto o fato de que os *CPD* requeridos nessas situações não eram sobre os conhecimentos científicos curriculares que estavam circulando naqueles momentos, mas sobre a prática de modelagem (e sobre modelos em segundo plano) e pautados em um modelo especial, o DMM v2 (GILBERT; JUSTI, 2016). Seguir etapas, processos de comunicação e estratégias semelhantes na condução de atividades de modelagem de contextos cotidiano e científico só reforça nossas ideias de que, na modelagem, *CPD* se fundamentam em torno de aspectos (por exemplo, não linear, cíclica e que envolve etapas e processos cognitivos específicos) de um complexo processo que envolve práticas científico-epistêmicas (por exemplo as relacionadas a como sujeitos se envolvem na realização de experimentos, elaboração de modelos e comunicação dos mesmos); e de processos (por exemplo, comunicação e raciocínio analógico).

Diante disso, entendemos que a professora mobilizou *CPD* oportunizando aos licenciandos uma compreensão mais complexa e ampliada da modelagem como prática científico-epistêmica. Isto se refletiu nos modos como ela conduziu os processos e como os licenciandos se envolveram nesses processos.

Pensando nas atividades de modelagem, na perspectiva dos licenciandos, concordamos com Berland e colaboradores (2015) quando afirmam que em nenhum currículo de Ensino de Ciências, estudantes devem ser explicitamente informados sobre quais ideias epistêmicas aplicar e quando. Em vez disso, professores devem trabalhar em conjunto com estudantes para desenvolver oportunidades para que eles deem sentido às experiências que estejam adquirindo por meio de práticas científicas.

Embora os currículos acadêmicos tradicionais ainda não garantam que o envolvimento de licenciandos neste tipo de processo seja significativo para a comunidade da sala de aula, Lizi intencionou e colocou em prática seu investimento ao promover situações de ensino e aprendizagem em contextos de ECFM que oportunizaram aos licenciandos se envolver ativamente em todos os processos planejados e promovidos por ela.

Por fim, relacionado à mobilização de *CPD* por Lizi na promoção da ECFM aos licenciandos, observamos que influências entre diferentes *CPD* ocorreram dinâmica e intensamente, a ponto de ter sido necessário analisarmos os eventos sucessivas vezes para conseguirmos identificar e caracterizar quais *CPD* estavam sendo mobilizados por ela. Isto resultou em diferentes situações nas quais pudemos caracterizar movimentos de mobilização de *CPD* das bordas para o centro do modelo RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), do centro para as bordas, ou movimentos tão dinâmicos que não nos permitiram fazer tais interpretações.

Assim pudemos compreender um pouco melhor a complexidade de mobilização de *CPD* de Lizi ao promover a ECFM e de como focar situações específicas sem perder de vista o entorno ou o todo.

6.4 Discussão da QP4: Quais fatores influenciaram na manifestação de CPD sobre modelos e modelagem na prática docente desenvolvida para a ECFM? Como isto ocorreu?

Para responder à esta QP, consideramos os resultados da análise dos dados adquiridos com a entrevista inicial realizada com Lizi antes do curso para a promoção da ECFM a licenciandos da RP e os resultados da observação da promoção da ECFM nesse curso.

Nesses termos, ao revisitar seus percursos escolar, acadêmico e profissional, Lizi nos permitiu ter acesso a informações que nos levaram a, além de identificar, caracterizar e analisar *CPD sobre modelos e modelagem*, identificar, caracterizar e analisar fatores influenciadores na manifestação desses *CPD*. Suas declarações valorosas sobre como vivenciou situações de ECFM nesses percursos nos deram subsídios para evidenciar esses fatores influenciadores.

Tão importante quanto compreender fatores influenciadores na manifestação de *CPD*, na perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978), foi a identificação, caracterização e análise de fatores influenciadores em contextos de promoção da ECFM em sala de aula. Nesse contexto, a prática de ensino para a ECFM de Lizi no curso nos apresentou fatores influenciadores *in situ*, também, de suma importância para nossa compreensão de seus *CPD* e de como eles se manifestavam.

Sobre os fatores identificados em situações dos percursos do passado de Lizi, reafirmamos que destacar a natureza de diferentes práticas e ações situadas historicamente em caminhos evolutivos (WERTSCH, 1998) foi importante porque nos permitiu reconstruir, mesmo que superficialmente, parte de seu passado com relação à ECFM, além de compreender situações e processos que levaram à manifestação e ao desenvolvimento de seus *CPD*. Nesse contexto, a manifestação (indicando aquisição, mobilização e ampliação) e desenvolvimento de *CPD* ocorreram sem perder de vista fatores influenciadores de contextos de ECFM. Tais fatores se caracterizaram fundamentalmente em *filtros*, *amplificadores* e *crenças* docentes de Lizi relacionadas à ECFM (quadro 5.1).

Para essa caracterização, remontamos todas as declarações de Lizi que indicavam limitações de ações ou estratégias para a ECFM (*filtros*) ou potencialidades de ações ou estratégias para a ECFM (*amplificadores*). Além disso, conseguimos considerar *affordances*

(GIBSON, 1986) da ECFM (quadro 5.2), na perspectiva de Lizi, a partir das suas lembranças de situações relacionadas à ECFM vivenciadas por ela.

Entendemos que há uma diferença sutil quando se trata de *filtros* e *amplificadores* na ECFM e as *affordances* da ECFM. Os primeiros dizem respeito principalmente ao que se observa nas situações contextuais, ou seja, interpretações do pesquisador sobre aquilo que acontece ou se declara. As últimas são caracterizadas exclusivamente a partir de declarações dos sujeitos que vivenciam os processos. Porém, eles se entrelaçam quando a comparação entre eles envolve o que limita e o que potencializa a manifestação de *CPD*. Isto pode ser percebido comparando os quadros 5.1 e 5.2.

A maioria dos fatores influenciadores que identificamos e caracterizamos já são consolidados na literatura em Educação em Ciências a partir de estudos sobre *CPD* relacionados a outras práticas ou conteúdos (como, por exemplo, currículos escolares e comportamento de estudantes). Contudo, nesta pesquisa, chamamos a atenção para dois fatores influenciadores que se destacaram nos contextos de ECFM que analisamos:

- o tempo, evidenciado principalmente nos planejamentos – *ePCK_P* – e reflexões – *ePCK_R* – que Lizi fazia e que ora foi caracterizado como *filtro* ora como *amplificador*. Além disto, por vezes, Lizi apresentava expectativa de que o tempo pudesse influenciar na dinâmica dos encontros, porém, ela chegava à conclusão de que o tempo não interferia nos processos; e
- as ações específicas promovidas por Lizi que, quando geravam reflexão (*ePCK_R*) se caracterizavam como *filtros* ou *amplificadores*.

As relações de Lizi com o tempo, evidenciadas durante todo o decorrer do curso e apontadas às vezes por ela nas declarações sobre seus percursos relacionados à ECFM se mostraram bastante influentes a ponto de algumas vezes ela reprogramar o roteiro do curso, sequências de ensino, atividades, estratégias e ações para a ECFM. Este nos pareceu o fator que mais influenciou na promoção da ECFM por Lizi em sala de aula.

Por sua vez, algumas ações de Lizi potencializaram a ECFM em alguns aspectos e dificultaram sua promoção em outros. Por exemplo, ações específicas tais como morder uma barra do chocolate *Suflair*, encurtar atividades no planejamento, e até mesmo não se posicionar frente a um embate que ocorreu no curso subsidiaram situações nas quais se potencializaram aspectos dos processos de modelagem (por exemplo *testes* dos modelos, dinâmica dos processos e não acentuação de animosidades entre licenciandos na comunicação de ideias na modelagem). Em contrapartida, algumas decisões refletidas em ações se caracterizaram como *filtros* por se apresentarem principalmente como dificultadores para a manifestação de *CPD* de

modo confortável para ela. Por exemplo, sua ação de autorizar uma aluna a queimar um material plástico no experimento que servia para gerar evidências para a elaboração de modelos para polímeros, na perspectiva de Lizi⁸², foi um *filtro*, visto que isto resultou no prolongamento do processo comunicativo dos modelos pelos licenciandos que aconteceu na sequência. Outro exemplo foi o não ser rigorosa com licenciandos em relação ao tempo dispendido em atividades nas quais eles tinham que apresentar ideias (por exemplo, respondendo questionários), o que a fez modificar parte do que havia planejado para o curso em termos de promoção da ECFM (encurtando atividades, por exemplo). Assim, ela reconheceu que algumas tomadas de decisão foram importantes para os processos relacionados à modelagem que conduzia vistos os resultados que essas tomadas de decisão, expressas em ações, proporcionaram.

As *affordances* da ECFM, no sentido de potencialidades, se expressaram por exemplo, quando Lizi se referia a estratégias e práticas de ensino para a ECFM diferenciadas frente às outras – como quando ela afirmou que a ECFM estimula o estudante a recorrer e a propor ideias, ser criativo, desenvolver uma série de habilidades. Por outro lado, as *affordances* da ECFM, no sentido de limitações, se expressaram quando, por exemplo, Lizi considerava algo que dificultava a promoção de aspectos da ECFM em sala de aula – como o fato de que professores precisam conhecer bem a modelagem, o que demanda tempo de dedicação para estudo.

Vale ressaltar que *affordances* se relacionam à ECFM (uma perspectiva de ensino pautada na utilização de atividades de modelagem) e não a *filtros* ou *amplificadores* (voltados para a promoção de ensino). Contudo, foi possível evidenciar uma clara relação entre os *filtros* e limitações em contextos da ECFM e entre *amplificadores* e potencialidades da ECFM. Um bom exemplo disso é como o fator tempo influência tanto como uma potencialidade quanto como uma limitação para Lizi, ou seja, ora é entendido como *amplificador* ora como *filtro*, respectivamente.

Um aspecto que influenciou em ambos os conjuntos – *filtros* e *amplificadores* e *affordances* da ECFM – é o contexto. Nesta pesquisa, ficou claro que não é possível considerar nenhum desses fatores desvinculados ou desprovidos de seus contextos. Isto ficou bastante

⁸² Fazemos esta ressalva porque, na nossa perspectiva de pesquisadores, esta situação causou uma transformação nas ações mediadas (WERTSCH, 1998) por tornar a prática de comunicação dos modelos mais rica, dinâmica e com elementos de discussão que só foram possíveis a partir do fato de a licencianda queimar o pedaço de plástico em sala de aula. Ou seja, se partíssemos do nosso ponto de vista, caracterizaríamos tal ação como um *amplificador* e não como *filtro*, como ficou evidente a partir da perspectiva de Lizi.

evidente quando identificamos o tempo e algumas ações de Lizi como fatores influenciadores. Para tais considerações, tivemos que reconhecer as percepções da professora sobre o que aconteceu ou acontecia, o contexto de ensino e aprendizagem de um modo geral e comportamentos dos estudantes, mesmo que eles não tenham sido sujeitos desta pesquisa. Assim, entendemos que tais fatores não são estáticos, mas dinâmicos e dependentes dos contextos em que eles são reconhecidos; e que a análise dos mesmos deve ser feita partir da perspectiva e/ou comportamento dos sujeitos frente a esses fatores.

Além das ações docentes, outros fatores entendidos como influenciadores (*filtros* ou *amplificadores*) foram identificados nesta pesquisa sem, contudo, encontrarmos na literatura menção a eles em contextos de investigação sobre CPD de professores de Ciências. São eles:

- A imprevisibilidade: fator que influenciou na mobilização de CPD de Lizi resultando na influência do ensino na promoção da ECFM, a partir de situações (novas) de aprendizagem para ela. Lizi vivenciou algumas situações em que ocorreram imprevistos que fugiram ao seu controle resultando na mobilização de CPD que talvez ela não precisasse mobilizar caso tais imprevistos não ocorressem. Por exemplo, isto ficou claro no contexto de comunicação dos modelos, processo que ela conduzia e foi bastante influenciado pela situação (não esperada por ela) de os licenciandos considerarem a queima dos materiais plásticos em um experimento de aquecimento desses materiais; e
- A intencionalidade: fator que para nós antecede quaisquer situações de realização de ações, sejam elas para planejar, ensinar ou refletir. Em vários momentos, Lizi demonstrava ter suas intenções, a partir delas, elaborava objetivos e estratégias e, na sequência, agia. Ressaltamos que a única forma de termos acesso às intenções de professores é a expressão das mesmas a partir de declarações ou relatos. Por exemplo, antes mesmo de programar o curso, Lizi havia nos informado que intencionava oferecer aos licenciandos da RP um curso *de e sobre* ECFM, que intencionava promover situações para que os licenciandos vivenciassem aspectos da ECFM, aprendessem com eles e refletissem sobre eles na perspectiva de ensino. Isto se traduziu em seus objetivos, planejamento e ações realizadas no curso e, a nosso ver, corrobora a ideia de Tomasello e colaboradores (2005) de que a intencionalidade é algo que influencia na pedagogia. Ao discutir amplificadores e filtros, Gess-Newsome (2015) também parece levar em conta essas influências da intencionalidade na manifestação de CPD de professores em sala de aula. A autora afirma que conhecimentos que são ensinados devem ser “personalizados”, isto é, devem passar pelas lentes do professor (GESS-NEWSOME, 2015).

Em relação a estes dois fatores, no decorrer da pesquisa, nos perguntamos mais de uma vez se “não seriam a imprevisibilidade e a intencionalidade também fatores influenciadores de CPD de professores de Ciências?”. Agora, ao final da Tese, entendemos que sim, sendo a imprevisibilidade um fator mais contextual, pois resulta em ações para uma demanda, e a intencionalidade um fator mais cognitivo e, por isso, muitas vezes imperceptível aos olhos de quem observa. Tanto uma quanto a outra exigem do professor planejamento, ação e reflexão sobre o que fazer. Porém, a imprevisibilidade exige do professor a mobilização de CPD imediatos para contorná-la e a intencionalidade antecede quaisquer situações de ação (TOMASELLO *et al.*, 2005).

As considerações sobre a imprevisibilidade e a intencionalidade na prática de Lizi ao promover a ECFM consubstanciam nossas convicções de que há um contexto de aprendizagem do professor que deve ser levado em conta no que diz respeito à manifestação de seus CPD, sendo algo que também pode ser caracterizado. Por isso, destacamos os contextos de aprendizagem de Lizi para além de representações verbais, representando-os nas figuras que caracterizam seus CPD.

Outros fatores influenciadores nos auxiliaram a caracterizar *orientações, crenças e motivações* de Lizi, assim como parte de sua *identidade docente*.

Sobre as *orientações, crenças e motivações* relacionadas à ECFM identificamos que Lizi: acreditava que a ECFM se caracteriza como uma perspectiva de ensino Construtivista; estava convencida de que argumentação, aspectos de NdC, experimentação e raciocínio analógico compõem a modelagem; estava convencida de que é preciso “fazer para aprender a fazer” a ECFM; acreditava ser preciso tanto vivenciar quanto estudar a ECFM para avaliar os processos envolvidos; identificava o planejamento de atividades como um dos processos mais difíceis no contexto de ECFM; acreditava que, com o passar do tempo, vinha conduzindo melhor os processos de ECFM, apesar de ainda ter dificuldades com o gerenciamento do tempo. Endossamos que, assim como outros elementos que influenciam na manifestação de CPD, as *orientações, crenças e motivações* também não são desprovidas de contextos, tal como observado na insurgência de tais elementos (tópico 5.1).

Sobre a *identidade docente* de Lizi em relação à ECFM, foi possível identificar, principalmente, os fatos de ela: ser uma professora experiente e especialista em ECFM; ser reconhecida como uma professora questionadora; ser convencida das vantagens de se promover a ECFM para a aprendizagem de estudantes; e gostar das estratégias de ensino frequentemente

usadas para a promoção da ECFM, acreditando na importância das mesmas em termos de favorecimento de aprendizagens múltiplas dos estudantes e, por isto, defendendo seus usos.

Ressaltamos que esses aspectos caracterizados como parte de sua *identidade docente* relacionada à ECFM se constituíram a partir de contextos sociais, ou seja, foram determinados ou influenciados por outros sujeitos que integravam ambientes pedagógicos em que Lizi circulava e nos quais a ECFM se fazia presente. Por exemplo, o título de “a moça dos porquês” que a caracteriza como uma professora questionadora foi dado a ela por professores atuantes do colégio no qual ela vivenciou suas duas primeiras experiências de promover a ECFM.

Esses achados estão de acordo com considerações de Henze e Barendesen (2019) sobre os mecanismos para se entender principalmente como os PCK mais gerais (cPCK e pPCK) de professores de Ciências influenciam no que tais professores fazem ao ensinar (ou seja, mobilizando ePCK) e vice-versa. Tais mecanismos se manifestam nesses contextos profissionais moderados por amplificadores e filtros. Além disso, eles afirmam que tanto fatores pessoais, tais como identidades pessoais e profissionais, quanto extrapessoais (que não dependem somente de professores, como currículo, contexto da sala de aula e a atmosfera da escola) influenciam nos modos como professores de Ciências mobilizam e ampliam seus CPD.

7 AFFORDANCES DA PESQUISA E PERSPECTIVAS FUTURAS

Gibson (1986) explica que todas as *affordances* de algo se caracterizam como uma dualidade – limitações e potencialidades inerentes a ele – dependendo do ponto de vista de quem olha ou de como se olha para esse algo. Wertsch (1998) considera essa asserção na Teoria da Ação Mediada afirmando que em todas as ações mediadas, é possível destacar aspectos que tanto permitem quanto restringem ações dos sujeitos.

Assim como caracterizamos as *affordances* da ECFM na perspectiva de Lizi, buscamos sintetizar as *affordances* gerais desta pesquisa para do campo de Educação em Ciências, focando nas áreas de Formação de Professores, Conhecimentos Profissionais Docentes (CPD) e/ou a Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM). Tais *affordances* são apresentadas a partir de nossas perspectivas enquanto pesquisadores e professores. Para isto, apresentamos no tópico a seguir potencialidades e limitações de aspectos desta pesquisa, inerentes e oriundos dos processos investigativos que nela ocorreram.

7.1 Affordances da Pesquisa

7.1.1 *Affordances Relacionadas à Opção por um Estudo de Caso*

O primeiro aspecto que consideramos é o fato de a pesquisa ser um estudo de caso qualitativo (STAKE, 1978; 2005) e a implicações disto no que se refere aos resultados que obtivemos.

Uma potencialidade disto se relaciona à riqueza de resultados que obtivemos investigando a professora Lizi manifestando *CPD sobre modelos e modelagem* em contextos específicos e com uma relativa riqueza de detalhes, possíveis a partir das escolhas metodológicas que adotamos. Entendemos que, mesmo sendo um caso único, ele nos permitiu gerar *insights* sobre como *CPD sobre modelos e modelagem* podem ser manifestados de modo a levar em consideração os conhecimentos (de diferentes naturezas, para além daqueles de conteúdo e pedagógicos) da professora, o desenvolvimento de seus *CPD* e, em algumas situações, como conhecimentos adquiridos no passado influenciavam na mobilização de *CPD* na perspectiva do presente.

Por outro lado, um fator limitante deste aspecto é reconhecido por grande parte de pesquisadores em Educação em Ciências e decorre do fato de que estudos de caso não permitem generalizações para todos os professores (BARDIN, 2011; ERICKSON, 2012) de Ciências,

sobretudo àqueles que promovem a ECFM em sala de aula, nem para outros contextos de ensino.

7.1.2 Affordances Relacionadas aos Tipos de CPD Investigados e às Características Individuais da Professora

Em relação à natureza dos *CPD* investigados (sobre modelos e modelagem) e às características individuais da professora investigada, uma potencialidade (e que se relaciona às potencialidades e limitações descritas no item anterior), decorre de nossa decisão em investigar a manifestação de *CPD* de uma professora experiente e especialista em ECFM. Há um predomínio na literatura em investigar *CPD* de professores de Ciências em formação ou iniciantes na profissão docente (ALONZO; BERRY; NILSSON, 2019; CHAN; HUME, 2019; GESS-NEWSOME, 2012; 2015; VAN DRIEL; BERRY; MEIRINK, 2014; WILLIAMS; CLEMENT, 2015), mas poucos pesquisadores enveredaram em campos de investigação sobre professores experientes ou especialistas em determinados assuntos (CHAN; HUME, 2019). Nosso levantamento bibliográfico sobre estudos que investigam especificamente *CPD* confirmou esta tendência no contexto específico de ECFM (tópicos 2.7 e 2.8). Por isso, entendemos que esta pesquisa implica em um avanço no campo pois, tendo como sujeito de pesquisa uma professora com essas características, pudemos ampliar os focos de discussão, contribuindo para a produção de conhecimento da área.

Reynolds e Park (2020) afirmam que não são raros estudos sobre o que constitui um professor de Ciências de alta qualidade (que entendemos como bons professores e/ou professores experientes) (por exemplo, BERRY, FRIEDRICHSEN; LOUGHRAN, 2015; CUNHA, 2009; KIND, 2009; PARK; OLIVER, 2008b). A maioria desses estudos indica que, para facilitar a aprendizagem de estudantes, professores devem saber como transformar o conhecimento do conteúdo que se ensina (CK) visando especificamente favorecer a aprendizagem de estudantes (PCK). O fato de ela ter feito isto em termos de ECFM também contribui para a literatura vistas nossas considerações recorrentes na Tese sobre como esta perspectiva de ensino é pouco investigada, principalmente quando se refere a *CPD* de professores.

Por outro lado, este aspecto evidencia uma limitação da pesquisa (que entendemos não ser exclusiva deste estudo) que diz respeito ao fato de Lizi, sendo uma professora experiente e especialista, mobilizando *CPD*, faz com que comparações de sua prática em contextos de ECFM com práticas de outros professores também experientes e especialistas não possam ser

feitas. Contudo, estamos convencidos de que a potencialidade apontada sobressalta esta limitação.

7.1.3 *Affordances Relacionadas às Escolhas Metodológicas*

O terceiro aspecto que salientamos se relaciona às potencialidades e limitações inerentes às escolhas metodológicas que fizemos ao longo deste estudo.

Entendemos que o caminho metodológico que percorremos apresentou potencialidades na coleta e produção de dados por ter se apresentado alguns “avanços” no que se configura como meios para se investigar *CPD sobre modelos e modelagem*. De um modo geral, este caminho envolveu o uso de um conjunto de instrumentos de coleta de dados constituído por: (i) uma entrevista geral com a professora, para sondarmos aspectos de seus percursos na educação e na profissão docente tanto gerais quanto específicos de ECFM; (ii) observação e registro em vídeo da promoção da ECFM pela professora em um curso, em sala de aula real, com estudantes reais, promovendo ensino e aprendizagem reais relacionados à ECFM; (iii) entrevistas pré e pós cada encontro do curso, para sondar aspectos importantes dos *CPD* da professora, impossíveis de serem registrados em contextos de ensino em sala de aula (como aspectos do planejamento imediato, intenções e reflexões); (iv) produção de notas de campo pelo pesquisador sobre aspectos específicos e contextuais dos processos de promoção da ECFM em sala de aula; e (v) análise de artefatos produzidos pela professora (tais como roteiro do curso, planejamentos dos encontros e atividades).

No capítulo “Referencial Teórico”, relatamos uma das pesquisas mais recentes e amplas da literatura em Educação em Ciências que aborda como pesquisadores vêm estudando *CPD* de professores de Ciências, apontando diferentes aspectos (tópico 2.6). Nela, Chan e Hume (2019) apontam um tradicionalismo no campo no que se refere ao predomínio de uso de apenas um instrumento e fonte de dados (principalmente entrevistas ou questionários) nas pesquisas sobre *CPD* de professores de Ciências. Assim, nossa pesquisa tem potencial de avançar neste quesito porque usamos diversos instrumentos e coletamos dados de diferentes naturezas que, quando tratados, organizados, e parte deles triangulados, nos permitiram uma análise ampla dos *CPD* da professora manifestados em distintos contextos de ECFM. Nisto reside uma potencialidade consecutiva desta pesquisa: o endosso às considerações de que, para se compreender melhor os *CPD* de professores de Ciências, é necessário lançar mão de múltiplos instrumentos de coletas de dados (CHAN; HUME, 2019) e que devem ser analisados a partir

de diferentes perspectivas contextuais. Isto se refletiu na qualidade dos nossos dados e dos resultados que produzimos ao analisá-los.

Isto teve consequências (positivas), que implicaram em dois resultados principais:

- a caracterização dos *CPD sobre modelos e modelagem* de Lizi em seus percursos escolares, acadêmicos e profissionais em uma perspectiva histórico-evolutiva (VIGOTSKI, 1978), o que nos possibilitou, inclusive, identificar “pontos de transição” no percurso que se relacionavam a esses *CPD*; e
- a identificação de aspectos do desenvolvimento desses *CPD* desde a educação Básica até a Pós-Graduação, complementados com algumas declarações sobre experiências significativas para ela de promoção da ECFM (figura 6.1), o que Wertsch (1998) denomina “caminhos de desenvolvimento”, visto que quaisquer ações são situadas histórico, social e institucionalmente.

Por sua vez, algumas limitações referentes a nossas escolhas metodológicas só foram perceptíveis a partir de reflexões feitas ao final da pesquisa e durante a escrita da Tese. Por exemplo, entendemos que a realização de entrevistas do tipo *recall* pudesse auxiliar na identificação e melhor caracterização de *CPD* da professora, manifestados em situações específicas e interessantes. Porém, o tempo disponível para se realizar alguma mudança metodológica na pesquisa, a partir dessas reflexões, nos fez compreender que isto a tornaria inexecutável.

7.1.4 Affordances Relacionadas à Investigação do Desenvolvimento de CPD Declarados pela Professora

Pensar em *affordances* relacionadas à investigação do desenvolvimento de *CPD sobre modelos e modelagem* declarados pela professora, nos faz considerar potencialidades relacionadas ao fato de termos gerado *insights* sobre o desenvolvimento dos *CPD* de Lizi em função: (i) de suas características, principalmente ser uma professora experiente e especialista em ECFM; (ii) da natureza dos *CPD* analisados (*sobre modelos e modelagem*); (iii) da utilização de uma entrevista inicial ampla (Apêndice 1) que buscou investigar aspectos gerais de suas experiências e aspectos específicos relacionados à ECFM; (iv) da consideração de contextos que remontaram desde suas experiências iniciais com o tema (Educação Básica), até suas outras experiências tanto acadêmicas (Graduação, Mestrado e Doutorado) quanto de pesquisa (Pós-Doutorado) e profissionais (situações de promoção da ECFM nos Ensinos Médio

e Superior); e (v) do espaço de tempo que incluiu todos esses contextos, contabilizando aproximadamente 20 anos de vivências em situações de ECFM, declarados pela professora.

Uma limitação disto se relaciona ao fato de que, mesmo tentando reconstruir seus percursos, consideramos que há lacunas em alguns aspectos do histórico de Lizi na ECFM. Por exemplo, coletamos poucos dados relacionados ao seu contexto de Doutorado, que suspeitamos ter sido tão rico quanto o contexto de Mestrado.

Com relação ao desenvolvimento de *CPD*, entendemos que caracterizá-lo pode ser algo desafiador e até mesmo problemático quando o pesquisador se debruça em dados que não são tão consistentes e que não permitem a visualização desse processo. Por isso, reconhecemos que para caracterizar aspectos do desenvolvimento de *CPD* é preciso considerar, por exemplo: a perspectiva do sujeito; a natureza dos *CPD* que estarão se modificando (por exemplo, *de* e *sobre* modelagem, *de* e *sobre* NdC etc.); como mapear este processo; em quais contextos de ensino e aprendizagem tal processo se configura; e em qual espaço de tempo é possível evidenciá-lo.

7.1.5 Affordances Relacionadas aos CPD Sobre Modelos e Modelagem Mobilizados pela Professora na Prática para a ECFM

Sobre a mobilização de *CPD* pela professora promovendo a ECFM, entendemos que nossa opção por também investigar a manifestação dos *CPD sobre modelos e modelagem* da professora promovendo a ECFM no curso a licenciandos foi uma decisão assertiva, ou seja, uma potencialidade da pesquisa. Isto porque produzimos dados que ressaltaram como *CPD* foram mobilizados por Lizi na prática, influenciados por suas intenções, ações, crenças, estudantes etc. nos cenários que estavam sendo estudados. Isto nos permitiu realizar descrições particulares que tomaram forma nos eventos didáticos críticos que retrataram as ações de Lizi (e superficialmente dos licenciandos) consubstanciadas por informações contidas em artefatos produzidos pelo pesquisador. Isto potencializou a descrição pormenorizada e análise de dados que se aplicam especificamente à sala de aula, em espaços de tempo bem definidos e influenciados por fatores imediatos.

Henze e Barendsen (2019) afirmam que embora a experiência prática seja uma fonte importante para o desenvolvimento dos pPCK de licenciandos, eles geralmente não têm conhecimentos prévios consistentes sobre pedagogia que possam sustentar a construção dos seus pPCK iniciais. Parecendo sensível a isso, Lizi planejou e oportunizou aos licenciandos aprender *sobre e na* ECFM, tanto aspectos da teoria quanto da prática, a partir da estratégia de

envolvê-los na vivência de atividades para a ECFM e na posterior reflexão sobre sua utilização junto a estudantes da Educação Básica e possíveis desafios a serem enfrentados por professores.

Sobre este aspecto, considerando nossa satisfação com os resultados alcançados, não conseguimos pensar em nenhuma limitação, somente em potencialidades. Talvez, neste ponto, o leitor que tiver acesso a este trabalho possa nos auxiliar a desvelá-las.

7.1.6 *Affordances Relacionadas aos Resultados da Pesquisa*

A partir de *affordances* dos dois aspectos anteriores (subtópicos 7.1.4 e 7.1.5), destacamos, conseqüentemente, as *affordances* mais expressivas dos resultados que obtivemos ao investigar os *CPD sobre modelos e modelagem* da professora a partir tanto de declarações quanto de ações de ensino.

Potencialidades relacionadas a isto se referem ao fato de obtermos uma riqueza expressiva de resultados de pesquisa, no que diz respeito à manifestação de *CPD* da professora. Isto foi consequência de todas as implicações já apontadas, dentre as quais merece ênfase o rigor que buscamos manter ao identificar, caracterizar e analisar *CPD* tanto declarados quanto praticados por Lizi, além do estabelecimento de relacionamentos entre manifestações desses *CPD* em contextos distintos. Isto não parece ser comum em estudos sobre *CPD* de professores de Ciências que abordam apenas uma das três vertentes apontadas por Mazibe, Coetzee e Gaigher (2020) (conhecimentos declarados em entrevistas, relatados em instrumentos escritos e na ação em sala de aula), sendo mais comuns na Educação em Ciências trabalhos que se pautam em *PCK* relatados (CHAN; HUME, 2019).

Levando em conta trabalhos aos quais tivemos acesso ao estudar a literatura relacionada, nós, pesquisadores, consideramos nosso trabalho pioneiro por investigar uma professora experiente e especialista em ECFM, visto que nenhum daqueles trabalhos apresentou um espectro contextual e analítico relacionado a *CPD* tão amplo como o apresentado nesta Tese. Entendemos que isto não se deve apenas ao uso de diversos instrumentos de coleta de dados, mas a outros fatores dentre os quais destacamos: as características específicas do sujeito de pesquisa (particularmente a professora ser experiente, especialista, construtivista e ter crenças consistentes sobre a contribuição da ECFM para estudantes); e o fato de terem sido investigados vários contextos, grande diferencial desta pesquisa.

Diante disto, entendemos que produzimos conhecimentos variados nesta Tese, que podem ser importantes, por exemplo, para: pesquisadores interessados em *CPD* ou na ECFM; pesquisadores que procuram compreender *CPD* mobilizados por professores experientes e/ou

especialistas em assuntos específicos; formadores de professores que buscam informações sobre *CPD* ou ECFM para preparar suas disciplinas, cursos ou aulas etc.

A obtenção de dados nas duas vertentes (*CPD* declarados e manifestados nas ações) e as consequências disso para a riqueza de cenários e resultados implicam em conhecer informações e contextos que podem ser contrastados na perspectiva de ‘o que’ e ‘sobre o que’ a professora declarou e de ‘o que’ e ‘para que’ ela promoveu ações em contextos de ECFM. Este não era nosso objetivo na Tese, mas a partir do conhecimento holístico dos dados, creditamos validade ao que Lizi declarou (porque os dados da promoção da ECFM evidenciavam aspectos do que ela vivenciou em todos os seus percursos), assim como creditamos validade ao que Lizi promoveu no curso (porque havia similaridades entre o que ela declarou e o que ela efetivamente fez em sala de aula). Isto resulta em uma perspectiva de se analisar *CPD* de professores de Ciências de modo a considerar aspectos para além do que acontece na perspectiva do presente, mas buscando relacionamentos entre aquilo que já foi aprendido e/ou feito e aquilo que se aprende e/ou se faz no presente. Isto nos permitiu descrever influências mútuas de diferentes *CPD*, de diferentes naturezas, além da dinâmica de manifestação dos *CPD* e dessas influências, algumas inclusive recorrentes entre: contextos de desenvolvimento dos *CPD*; contextos de desenvolvimento e de prática; e contextos de prática. Creditamos a isso o fato de Lizi colocar em prática todo seu repertório de *CPD*, nos modos como tomava decisões, criava estratégias e agia em contextos de ECFM.

Alonzo, Berry e Nilsson (2019) salientam que olhar mais atentamente para esses modos pode resultar em observações de transformações entre tipos de *CPD*, mesmo que tais transformações ocorram sem a consciência plena de professores. Mesmo identificando esses movimentos em algumas situações, na maioria delas a dinâmica de manifestação era tão complexa em pequenos espaços de tempo, que influências contínuas (das bordas para o centro ou do centro para as bordas do RCM) eram bastante difíceis de ser caracterizadas, sendo portanto, uma desafio para nós. Tão desafiador quanto isso, foi identificar movimentos padrão de manifestação de conhecimentos que ascendiam ou descendiam progressivamente entre todos os círculos concêntricos do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), tendo em vista a dinâmica das situações de ensino analisadas. Isto se relaciona ao que Gess-Newsome (2015) explica e que tem sustentação em nossos resultados: as ações de professores em contextos de sala de aula são rápidas e os movimentos instrucionais podem ser resultados de planejamentos antecipados ou uma resposta imediata a alguma imprevisibilidade. Por isso, a mobilização de $ePCK_T$ em tomadas de decisões é dinâmica e, em muitos casos, tácita.

Outra limitação deste aspecto talvez seja o fato de termos gerado uma quantidade de dados e resultados relativamente elevada. Isto resultou em outra limitação, manifestada em nossa difícil tarefa de selecionar os dados que analisamos nesta Tese, principalmente em relação aos contextos didáticos críticos e aos eventos didáticos críticos. Assim, foi um desafio investigar os dois – percurso na ECFM e promoção da ECFM – dentro das nossas possibilidades (tempo, extensão da Tese, quantidade de dados etc.), tentando não perder de vista os relacionamentos entre eles. Isto talvez se configure também como uma dificuldade para o leitor, por exigir dele uma leitura atenta para não perder de vista as informações e o estabelecimento de algumas relações que fazemos entre alguns resultados das análises.

7.1.7 Affordances Relacionadas ao Uso de Modelos para Modelagem e para PCK

Outro aspecto que merece destaque é o uso de modelos relativamente recentes, tanto referentes a modelos e modelagem – o DMM v2 (GILBERT; JUSTI, 2016) – quanto referentes a PCK de professores de Ciências – o RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019). Ressaltamos que entendemos estes modelos como artefatos epistêmicos de pensamento (KNUUTTILA, 2005), o que nos fez identificar e destacar aspectos deles na pesquisa que influenciaram, também, nos nossos modos de pensar, analisar e refletir sobre os dados.

Resumindo as potencialidades que o uso do DMM v2 apresentou nesta pesquisa, enfatizamos nosso olhar em uma perspectiva analítica principalmente porque ele: (i) é o modelo de modelagem que consideramos mais abrangente na literatura em Educação e Ciências; (ii) foi um bom modelo orientador para as análises feitas nesta pesquisa; (iii) auxiliou na caracterização de diferentes visões sobre modelos e modelagem de Lizi, identificadas em diferentes contextos de ECFM; (iv) é o modelo no qual Lizi baseia sua prática e é o que ela acredita representar melhor a modelagem (o que também auxiliou na condução da pesquisa); (v) nos auxiliou a compreender modos como ela concebia modelos e modelagem e como promovia a ECFM, visto que este modelo orientou seus planejamentos e a promoção da ECFM no curso da RP; (vi) contribuiu para a elaboração de definições para os CPD; e (vii) auxiliou na caracterização desses CPD (por exemplo, CK e *Conhecimentos de avaliação*) a partir daquilo que o modelo preconiza.

Uma limitação do uso do DMM v2, que entendemos mais como uma observação advinda dos resultados da pesquisa e não da própria ferramenta é a constatação de como a comunicação na ECFM não é tão explorada no modelo. Gilbert e Justi (2016) reconhecem o processo comunicativo na modelagem enfatizando os processos argumentativos que são

inerentes a todas as etapas de modelagem. Contudo, observamos que a comunicação em contextos de modelagem ocorridos em situações de ensino transcende processos argumentativos das próprias etapas de modelagem, mas abrange o rico cenário de comunicação dos modelos e dos processos entre os estudantes dos grupos, entre os grupos da turma e entre os grupos e a professora. Isto se mostrou um contexto de manifestação de *CPD* na prática de Lizi bastante rico e que favoreceu o estabelecimento de relações com a comunicação nas Ciências, por exemplo, os de avaliação entre pares, discussão de resultados, e busca de consensos.

Com relação ao RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019), à medida que o exploramos nesta Tese como ferramenta analítica para os *CPD*, nossa compreensão de suas potencialidades e limitações se tornaram mais claras.

Potencialidades do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) residem nas suas contribuições como principal ferramenta analítica nesta pesquisa principalmente na construção da análise e na interpretação dos resultados. Consideramos que este modelo foi o mais apropriado para esta pesquisa porque permitiu uma análise relativamente consistente com a característica dos nossos dados (por exemplo, as dinâmicas de influências entre *CPD* e tipos e níveis distintos de *CPD* manifestados pela professora). Isto é uma implicação importante porque acreditamos que nossa pesquisa é uma forma de “validar” o RCM como uma ferramenta analítica e por também nos permitir fazer apontamentos sobre algumas de suas limitações frente ao conjunto de dados, análises e resultados que a Tese apresenta. Com o RCM, também pudemos identificar e analisar: diferentes hierarquias e níveis de *CPD*; aspectos da dinâmica, integração, influências e transformações desses *CPD*; e o desenvolvimento dos mesmos na perspectiva representativa que ele potencializa frente a outros modelos de PCK.

Além disso, a partir do uso do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019) como ferramenta analítica, foi possível identificar e analisar fatores dinâmicos relacionados à manifestação de *CPD* pela professora, assim como a relevância de diferentes *amplificadores* e *filtros* à medida que ela desenvolvia competência profissional ao longo de sua trajetória (SORGE; STENDER; NEUMANN, 2019), mesmo não sendo possível representar tais fatores nas representações que produzimos (uma limitação das figuras que produzimos). Entendemos que o reconhecimento de fatores influenciadores na manifestação de *CPD* de uma professora experiente e especialista em ECFM pode auxiliar formadores de professores e professores atuantes a reconhecê-los nos cursos de formação ou na própria prática, potencializando aqueles fatores que se mostram

efetivos e buscando diminuir a influência daqueles que se caracterizam como limitadores ou desafiadores.

Se por um lado, ficamos limitados à escolha metodológica de realizar análises apenas de *CPD* de Lizi que se manifestaram explicitamente em contextos declarados ou de ensino (uma limitação), por outro, outros aspectos se tornaram “investigáveis” (uma potencialidade). Um desses aspectos se constituiu das intenções da professora (principalmente as anteriores ao curso) que se traduziram no roteiro de ensino que ela produziu para o curso, nos planejamentos elaborados por ela, na promoção das atividades junto aos licenciandos e em suas reflexões. Isto significou que os *CPD* que ela mobilizou retrataram suas intenções (de promover situações para que os licenciandos vivenciassem atividades para a ECFM, aprendessem sobre a ECFM e refletissem para que, no futuro, promovessem práticas semelhantes na Educação Básica); os caminhos metodológicos escolhidos; e ações realizadas por ela para promover a ECFM dos licenciandos no curso. Os *CPD* ela que mobilizou para isso, na perspectiva do curso como um todo podem ter sido um dos motivos para o envolvimento ativo dos licenciandos no ensino e aprendizagem *de e sobre* ECFM.

Entendemos que não somente a promoção da ECFM na perspectiva do ensino funcional (licenciandos vivenciando atividades para a ECFM) é importante, mas o ensino declarativo (licenciandos discutindo sobre suas vivências nas atividades para a ECFM e sobre ela) é necessário visto que aquele era um contexto de aquisição, pelos licenciandos, principalmente de *CK*, *cPCK* e *pPCK*. Por isto, aspectos *de e sobre* modelos e modelagem só não podiam, como deveriam ser aprendidos para que eles adquirissem ou ampliassem seus *CPD* sobre a ECFM, um dos objetivos primeiros de Lizi com a promoção daquele curso. Assim, a estratégia de Lizi para isso, de que os licenciandos vivenciassem atividades para a ECFM para aprenderem aspectos importantes para ensinarem na perspectiva da ECFM se destaca, podendo ser fonte de inspiração e modelo: para formadores de professores, ao elaborarem planos de disciplinas, cursos, aulas etc. pautando em estratégias semelhantes às adotadas pela professora; e para pesquisadores, principalmente, os interessados em Conhecimentos e Formação de Professores, práticas de ensino, ou, mas especificamente, *CPD* ou sobre a ECFM.

Carlson e Daehler (2019) afirmam que uma característica fundamental dos *ePCK* é o modo como um professor se baseia em seus conhecimentos (mais gerais) para atender às necessidades exclusivas dos estudantes na sala de aula, nos momentos das ações, durante determinado espaço de tempo nas instruções de ensino. Segundo as autoras, na busca por atingir objetivos específicos, o professor manifesta um repertório de conhecimentos e bases práticas,

ao fornecer instruções significativas e acessíveis a todos os estudantes; planejar, ensinar e refletir sobre todos esses componentes regularmente e com tempo; e trabalhar com outras pessoas para planejar, coensinar e/ou refletir sobre as evidências da aprendizagem. Em relação a essas ideias, nossos dados demonstraram que o caminho inverso também é possível, ou seja, a partir da mobilização de *ePCK* é possível relacioná-los a *CPD* mais externos do modelo, como *pPCK* e *CPD* das Bases Gerais. Por exemplo, situações inéditas na carreira de Lizi ou na promoção da ECFM indicaram a manifestação de *CPD* que entendemos que, a longo prazo, se tornam seus *pPCK* e podem fazer parte do seu repertório de *CPD* das Bases Gerais (por exemplo, em seus *Conhecimentos pedagógicos* para a promoção da ECFM). Ainda mais complexo do que isso foi a constatação de que, na maioria das vezes em que os *ePCK* de Lizi se manifestavam, ocorria também a manifestação de *CPD* das Bases Gerais.

Algumas limitações do RCM como ferramenta analítica se tornaram evidentes nesta pesquisa, sendo as mais consideráveis delas relacionadas a aspectos representacionais do modelo (figura 2.2). Primeiro, a representação do modelo denota que, nas Bases Gerais de *CPD*, o *CK* recebe mais destaque por assumir uma área de destaque entre os *CPD* deste domínio. Isto nos faz entender que quantitativamente, *CK* é o *CPD* das Bases Gerais que mais se manifesta ou que é mais importante. Nossos dados demonstraram que isto não segue um padrão e que, em alguns momentos da ação, *CK* nem mesmo foram expressos (como nas figuras 5.18 e 5.19). Isto nos fez entender que a importância dos *CPD* manifestados depende das intenções do professor e de seus objetivos nas ações⁸³. Segundo, a representação é apresentada como um modelo de *PCK*, mas inclui (e de modo que entendemos ser o mais assertivo) conhecimentos das Bases Gerais. Apesar de as autoras destacarem que consideram uma influência das Bases Gerais nos *PCK* de um professor, apresentar o modelo como um modelo de *PCK* (destacando isto, inclusive, em seu título “*Refined Consensus Model (RCM) of PCK*”, ênfase nossa) pode gerar dúvidas para pesquisadores e professores (algo que aconteceu inicialmente conosco). Neste sentido, sugerimos que seu título possa ser alterado para “*Refined Consensus Model (RCM) of Teachers’ Knowledge*”.

⁸³ Sobre este ponto, vale ressaltar também o contexto principal de origem de RCM, sua notória adequação e coerência a contextos de ensino de conteúdos científicos curriculares. Isto resultou no fato de não observarmos com frequência a manifestação de *CK* por Lizi porque, como declarado por ela, seus objetivos com a promoção do curso para a ECFM não tinham como foco um ensino declarativo de modelos e modelagem.

Finalmente, o aspecto da representação do RCM que nos exigiu maior esforço para compreender bem seu significado é, a nosso ver, a localização e consideração do elemento ‘contextos de aprendizagem’. Após várias discussões, pesquisador e orientadora da Tese entenderam que os contextos de aprendizagem que são representados (em um círculo entre pPCK e cPCK) se referem a contextos de aprendizagem dos estudantes. Apesar de compartilharmos a visão de que um professor pode aprender enquanto ensina, entendemos que isto restringe a aprendizagem do professor aos contextos de atuação docente, podendo ser visto como uma limitação da representação.

Carlson e Daehler (2019) reconheceram que os contextos de aprendizagem de estudantes, além de suas próprias contribuições e resultados, funcionam como filtros e amplificadores de PCK de professores a ponto de considerá-los na representação do RCM. Contudo, parece-nos que atenção semelhante não foi dada por essas autoras aos contextos de aprendizagem de professores.

Além disso, algo que nossos dados demonstram foi que tão influente quanto os contextos de aprendizagem (dos estudantes) foram outros contextos de aprendizagem da professora. Isto ficou bastante claro quando relacionamos momentos em que Lizi aprendia sobre a ECFM e a manifestação de seus *CPD*. Para além disso, entendemos que quaisquer contextos nos quais um professor está envolvido com uma prática de ensino podem ser entendidos como contextos de aprendizagem do professor, algo já apontado por Rollnick e Mavhunga (2015) quando destacam que “professores aprendem por meio de prática e interação com os estudantes” (p. 138). Consideramos que reduzir o contexto de aprendizagem do professor apenas a trocas bidirecionais entre os conhecimentos é algo que diminui a importância de tal contexto na manifestação de *CPD*. Assim, compreendemos que este contexto significa mais do que movimentar aspectos representados pelas setas bidirecionais no RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019). Por isso, são contextos que influenciam em quaisquer momentos de manifestação de *CPD* de um professor e, como tais, entendemos que merecem destaque no modelo.

Representando os pesquisadores participantes da 2ª Cúpula de PCK, Carlson e Daehler (2019), ao apresentarem o modelo, nos dão a liberdade de apontar suas limitações e de propor modificações para a sua melhoria e refinamento. A partir disso, tomamos a liberdade de adaptar o RCM a partir da construção de figuras que apresentamos na Tese, representativas de *CPD* da professora (figuras 5.1 a 5.28 e refletidas na figura 6.1).

A principal adaptação representada nessas figuras, e que entendemos ser uma das principais potencialidades desta pesquisa, diz respeito à consideração de contextos de aprendizagem da professora como um círculo externo aos outros. Entretanto, é importante entender que isto não significa que a interface ocorre somente com os elementos do círculo interior a ele, mas que engloba todas ou quaisquer situações de manifestação de *CPD*. Em outras palavras, a representação como um círculo externo resulta da tentativa de diminuir uma limitação do modo de representação bidimensional, que não favorece a expressão da ideia de que algo engloba tudo o que está contido nele.

Convidamos pesquisadores do campo de estudos em Educação em Ciências a refletir e discutir conosco sobre este ponto relacionado aos contextos de aprendizagem de professores, algo que acreditamos poder ser generalizado para quaisquer contextos de ensino. Assim, pesquisas que também busquem evidências das influências desses contextos de aprendizagem de professores podem nos auxiliar a validar, endossar ou refutar nossas considerações sobre como tais contextos podem influenciar os *CPD* de professores de Ciências e ser melhor compreendidos na perspectiva do RCM (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Outra limitação que consideramos sobre o RCM é nosso entendimento de que ele parece ter sido um modelo proposto para representar, principalmente, *CPD* de professores de Ciências ensinando conteúdos curriculares. Isto porque, buscando analisar os *CPD*, isto é, *CPD* fundamentados em uma prática científica, alguns relacionamentos se mostraram desafiadores. Por exemplo, os níveis de manifestação de PCK que o modelo indica – Disciplinas, Tópicos e Conceitos – quando pensados em relação à prática científica de modelagem e ao ensino pautado na ECFM perdem um pouco o sentido. Como indicar qual disciplina se enquadra na ECFM sendo que o objetivo principal é a aprendizagem pautada em processos científicos e não em conteúdos? Para nós, pensar em disciplina, tópicos e conceitos perde o sentido quando buscamos responder a esta pergunta, a não ser que o ensino seja *sobre* modelos e modelagem, isto é, ocorra em um processo de formação de professores. Assim, poderíamos por exemplo, pensar no ensino sobre modelos e modelagem em uma disciplina (por exemplo, Instrumentação para o Ensino de Ciências), tópicos (por exemplo, modelos e modelagem) e conceitos (por exemplo, conceitos de modelo e modelagem a partir das visões de Knuuttila (2005) e Gilbert e Justi (2016)). Tal desafio também refletiu na caracterização dos *CPD* quando nos deparamos, por exemplo, com a dúvida sobre como considerar as manifestações desses *CPD* para além dos conteúdos e conceitos científicos que as permeavam.

Para amenizar esta limitação, sugerimos uma adaptação à definição dos níveis de PCK do RCM no que se refere aos níveis de PCK (disciplinas, tópicos e conceitos) quando o que se analisa é o ensino por meio de práticas científicas e/ou epistêmicas. Entendemos que, neste caso, outros níveis de PCK talvez sejam mais adequados, tais como: *abordagens de ensino* utilizadas pelo professor (por exemplo a ECFM); *práticas*, refletindo a(s) prática(s) científica(s) e/ou epistêmica(s) em que o ensino se situa (por exemplo modelagem); *estratégias de ensino* a partir das quais tais práticas são promovidas (por exemplo a discussão e a comunicação de modelos); e *ações performadas pelo professor* para promover a estratégia adotada (por exemplo, ações para envolver estudantes na elaboração de modelos).

7.2 Reflexões e Questionamentos Finais

À luz das discussões anteriores, resgatamos alguns apontamentos de Gilbert e Justi (2016) sobre a importância de professores vivenciarem, planejarem e conduzirem atividades para a ECFM para se ter uma compreensão abrangente *dos* modelos e *da* modelagem, destacando que, para isso, é preciso construir e desenvolver

uma rede flexível e dinâmica de conhecimentos e habilidades relacionadas a todos os elementos e práticas epistêmicas envolvidas na modelagem. Isso significa muito mais do que aquilo que a literatura descreve como o que professores precisam aprender sobre modelos e modelagem. Isso é certamente necessário, mas não suficiente (GILBERT; JUSTI, 2016, p. 258).

Dado que significados atribuídos por currículos de Ciências se relacionam indissociavelmente com uma ampla gama de significados e associações pessoais, idiossincráticos de um professor, é necessário auxiliar professores em formação a desenvolver a capacidade de selecionar e usar aspectos apropriados de suas estruturas pessoais de entendimento, em resposta à promoção do ensino e aprendizagem em Ciências (HODSON, 2014). Quando o contexto se torna mais específico e se refere à aprendizagem de abordagens e estratégias de ensino mais contemporâneas, mais complexas e desafiadoras, adiciona-se a tal relacionamento o aspecto pedagógico dessas estratégias, o que pode resultar em situações ainda mais desafiadoras para um formador de professores.

Uma forma de auxiliar formadores de professores nesse sentido, apontada por Schneider (2019), envolve a utilização de uma diversidade de estratégias educacionais na promoção do ensino de Ciências, o que também pode contribuir para tornar as práticas e experiências mais poderosas, favorecendo aprendizagens mais significativas aos professores. Isto pode ter ocorrido com Lizi porque ela promoveu e adotou diversas estratégias de ensino no

desenvolvimento da sequência para a ECFM – planejada, roteirizada e aplicada cuidadosamente à turma de licenciandos – ancoradas em ações nas quais se manifestaram diferentes *CPD*. Destacaram-se também sua importante tarefa e responsabilidade, como formadora de professores, de auxiliar os licenciandos a explorar, modificar e desenvolver suas estruturas pessoais de entendimento e conhecimentos relacionados à ECFM.

Nesta pesquisa, ficou bastante claro para nós algo que Carlson e Daehler (2019) afirmaram categoricamente: Os *CPD* de um professor podem se desenvolver ao longo do tempo como resultado de diferentes experiências, como programas de preparação de professores e experiências de ensino e aprendizagem do próprio professor. Entendemos que avançamos um pouco mais nisto porque consideramos diversos contextos de aprendizagem da professora, de estudantes a quem ensinou e diferentes modos e fontes de aquisição, ampliação, mobilização e desenvolvimento de seus *CPD*. Isto nos faz lembrar de ideias freireanas de que quaisquer contextos de aprendizagem experiencial do professor tem significância quando se pensa na produção de sentidos em salas de aula (FREIRE, 1986; 1991; 2001).

Nesse sentido, acreditamos ter contribuído para a compreensão de que *CPD*, em um olhar para a história de sua aquisição e mobilização, pode contribuir para que professores sintam que estão participando de um processo de desenvolvimento dinâmico, não linear (VAN DRIEL; BERRY, 2012) e a longo prazo (VAN DRIEL *et al.*, 2012), e que no processo de aquisição, mobilização e desenvolvimento de *CPD* na aprendizagem de professores, suas experiências, crenças, identidades e valores são valorizadas (BELL; GILBERT, 1996).

Tais descrições são importantes e auxiliam no preenchimento de uma lacuna apontada por Park (2019) sobre a existência de poucas pesquisas em Educação em Ciências que destacam a reflexão de professores sobre fatores contextuais ou situações relacionadas a movimentos de *CPD*. Segundo Park, a maior parte dos trabalhos que pesquisam os *CPD* se limitam a ambientes específicos de sala de aula de Ciências e não incluem descrições de fatores contextuais mais amplos, tais como influências curriculares, clima escolar e interações entre sujeitos.

Assim como Justi e van Driel (2006), consideramos que lançar luzes sobre mudanças e desenvolvimento de *CPD* de professores de Ciências é essencial porque ajuda a identificar mudanças diretas e superficiais em seus conhecimentos, a partir de mudanças mais complexas e duradouras. Além disso, compartilhamos as considerações de Oliveira e Mortimer (2020) sobre a importância de se buscar uma visão mais ampla sobre situações de ensino processual e historicamente situado, ressaltando a importância disto nesta pesquisa, na perspectiva de *CPD* na ECFM. Isto teve importância especial para nossa compreensão sobre origens e

desenvolvimento de *CPD* relativos a modelos e modelagem pela professora, além de nos permitir compreender também como as *affordances* da prática docente para a ECFM são compreendidas por uma professora experiente e especialista.

Em suma, apresentamos alguns exemplos desses aspectos importantes que podemos generalizar a partir do que vivenciamos nesta pesquisa: (i) *CPD* adquiridos e mobilizados em estudos teóricos devem ser levados em conta tanto em termos de prática (quando se pensa em modificações da prática pedagógica), quanto em termos analíticos (quando se analisa a configuração desses *CPD* na vida de um professor); (ii) a reflexão pedagógica se desenvolve nas relações sociais entre professores e outros sujeitos e entre eles e o mundo; (iii) a individualidade e a intencionalidade desses professores se processam em interações sociais em contextos educacionais e influenciam na mobilização de *CPD*; e (iv) *CPD* se configuram na prática reflexiva a partir de uma multiplicidade de relações entre o que se fez (no passado) e o que se lembra e se faz (no presente).

Tais aspectos gerais nos levam a compreender que precisamos nos atentar para não excluir e/ou dissociar a prática reflexiva do professor de experiências educacionais mais amplas e complexas, ou seja, não podemos considerá-la independente de um contexto histórico-cultural de atuação profissional docente porque é nele que tal prática adquire sentido (OLIVEIRA; MORTIMER, 2020). Além do mais, concordamos com Moraes Júnior (2011) e Oliveira e Mortimer (2020) que uma das importâncias de se considerar a prática reflexiva em um contexto histórico-cultural mais amplo se relaciona a isto evitar equívocos de reduzi-la ao fazer técnico e ao praticismo das questões imediatas.

Para o autor da tese, um doutorando em Educação em Ciências, foi desafiador selecionar o que eram dados de pesquisa em potencial para responder às QP e identificar dados que poderiam/poderão ser explorados em pesquisas futuras. Por isso, o papel da orientadora da Tese foi fundamental para indicar e discutir caminhos para que isso ocorresse.

Como *spin-off*, apontamos possibilidades de caminhos que podem contribuir para o melhor entendimento, principalmente de aspectos de conhecimentos de professores relacionados à ECFM. Alguns exemplos são investigar: mais detalhadamente como professores de Ciências manifestam *CPD* em etapas específicas da modelagem; como processos e contextos na ECFM influenciam na manifestação de *CPD* de professores de Ciências; e quais *CPD* se manifestam quando um professor de Ciências promove outras estratégias, pautadas em outras abordagens concomitantes ao ensino pautado na ECFM, algo promissor visto que interseções de diferentes abordagens, junto à ECFM foram observadas durante esta pesquisa.

Processos de comunicação na ECFM, em especial, precisam ser melhor investigados. Sobre tais processos, alguns possíveis focos de investigação relacionados a eles são: (i) como processos comunicativos se constituem na promoção da ECFM, para além do envolvimento de estudantes nas etapas da modelagem; (ii) como professores de Ciências, ao promoverem a ECFM, mobilizam *CPD* nesses processos comunicativos; e (iii) como outros aspectos tais como argumentação, aspectos de NdC, raciocínio analógico, práticas epistêmicas na ECFM, se expressam nesses processos.

Pesquisas futuras podem também buscar investigar melhor como *CPD* se manifestam em percursos de professores iniciantes na ECFM quando estes a promovem. Um trabalho deste tipo possibilitaria o estabelecimento de contrastes com os resultados como os obtidos nesta Tese.

Não exploramos a fundo alguns aspectos pincelados no decorrer da apresentação da análise e dos resultados e que podem ser ricos cenários analíticos, potenciais para o melhor entendimento dos campos de ECFM e *CPD* de professores de Ciências. Dentre eles, destacamos os relacionamentos de *CPD sobre modelos e modelagem* com: relações pedagógicas na produção de significados; aspectos de NdC; a natureza de representações utilizadas ou produzidas nos processos; aspectos das práticas científicas e/ou das práticas epistêmicas; influências da intencionalidade de professores na manifestação desses *CPD* e promoção da ECFM; ação mediada, tendo como artefatos culturais centrais os modelos elaborados por estudantes; e diferentes modos de ensinar e aprender sobre modelos e modelagem (aprender modelos curriculares; aprender a usar modelos; aprender a revisar modelos; aprender a reconstruir um modelo; e aprender a construir um novo modelo (JUSTI; GILBERT, 2002a)).

A identificação de novos aspectos a serem estudados (nos próprios dados ou relacionados a eles) é outra contribuição importante desta Tese, uma vez que novas questões são essenciais para a produção de novos conhecimentos, para que a compreensão (de cada um deles e da temática geral Conhecimentos de Professores) seja ampliada na literatura em Educação em Ciências, contribuindo para o avanço deste campo de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- ALMEIDA, B.; SANTOS, M.; JUSTI, R. Aspects and Abilities of Science Literacy in the Context of Nature of Science Teaching. *Science & Education*. p. 1-21, 2022.
- ALONZO, A. C.; BERRY, A.; NILSSON, P. Unpacking the Complexity of Science Teachers' PCK in Action: Enacted and Personal PCK. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 271-286.
- ALONZO, A. C.; KIM, J. Declarative and Dynamic Pedagogical Content Knowledge as Elicited Through Two Video-Based Interview Methods. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 53, n. 8, p. 1259-1286, 2016.
- BACHIOCHI, P. D.; WEINER, S. P. Qualitative Data Collection and Analysis. In: ROGELBERG, S. G. (Ed.). *Handbook of Research Methods in Industrial and Organizational Psychology*. Oxford: Blackwell, 2008. p. 161-183.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARTON, E. J.; ASCIONE, F.R. Direct Observation. In: OLLENDICK, T. H.; HERSEN, M. *Child Behavioral Assessment: Principles and Procedures*. New York: Pergamon Press, 1984. p. 166-194.
- BAXTER, J.; LEDERMAN, N. Assessment and Measurement of Pedagogical. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht: Springer, 1999. p. 147-161.
- BELL, B.; GILBERT, J. K. *Teacher Development: A Model from Science Education*. London: Falmer, 1996.
- BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Making Sense of Argumentation and Explanation. *Science Education*, v. 93, n. 1, p. 26-55, 2009.
- BERLAND, L. K.; SCHWARZ, C. V.; KRIST, C.; KENYON, L.; LO, A. S.; REISER, B. J. Epistemologies in Practice: Making Scientific Practices Meaningful for Students. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 53, n. 7, p. 1082-1112, 2016.
- BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. *Re-Examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. New York: Routledge, 2015.
- BICALHO, H.; OLIVEIRA, L.; JUSTI, R. Processos de Produção de Representações Vivenciados por Estudantes em Contextos de Ensino Fundamentado em Modelagem. *Impacto: Pesquisa em Ensino de Ciências*, v. 1. p. 1-36, 2022.

- BIGOT, L. L.; ROUET, J. The Impact of Presentation Format, Task Assignment, and Prior Knowledge on Students' Comprehension of Multiple Online Documents. *Journal of Literacy Research*, v. 39, n. 4, p. 445-470, 2007.
- BOBLIN, S. L.; IRELAND, S.; KIRKPATRICK, H.; ROBERTSON, K. Using Stake's Qualitative Case Study Approach to Explore Implementation of Evidence-Based Practice. *Qualitative Health Research*, v. 23, n. 9, p. 1267-1275, 2013.
- BOLZAN, D. P. V.; ISAIA, S. M. A. Pedagogia Universitária e Aprendizagem Docente: Relações e Novos Sentidos da Professoralidade. *Revista Diálogo Educacional*, v. 10, n. 29, p. 13-26, 2010.
- BOTTCHER, F.; MEISERT, A. Argumentation in Science Education: A Model-Based Framework. *Science & Education*, v. 20, n. 2, p. 103-140, 2011.
- BRASIL. *Edital CAPES 06/2018*. Programa de Residência Pedagógica. Brasília, 2018.
- _____. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB No 9394/96*. De 20 de dezembro de 1996. Brasília.
- _____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade (SECAD). *Proposta para inclusão nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/SECAD, mimeo, 2005.
- _____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). *Parâmetros Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.
- _____. Ministério da Educação (MEC). *PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- _____. Ministério da Educação e Cultura (MEC). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2006.
- BUCKLEY, B. C. Model-Based Learning. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, v. 5, p. 2300-2303, 2012.
- CAMPBELL, T.; MCKENNA, T. J.; AN, J.; RODRIGUEZ, L. A Responsive Methodological Construct for Supporting Learners' Developing Modeling Competence in Modeling-Based Learning Environments. In: UPMEIER ZU BELZEN, A.; KRÜGER, D.; VAN DRIEL, J. (Eds.). *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Switzerland: Springer, 2019. p. 201-218.
- CAMPBELL, T.; OH, P. S.; MAUGHN, M.; KIRIAZIS, N.; ZUWALLACK, R. A Review of Modeling Pedagogies: Pedagogical Functions, Discursive Acts, and Technology in Modeling Instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, v. 11, n. 1, p. 159-176, 2015.
- CARLSON, J.; COOPER, R.; DAEHLER, K. R.; FRIEDRICHSEN, P. J.; HELLER, J. I.; KIRSCHNER, S.; ELLIOTT, N. L.; MARANGIO, K. WONG, N. Vignettes Illustrating

Practitioners' and Researchers' Applications of the Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 93-113.

CARLSON, J.; DAEHLER, K. R. The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 77-92.

CARLSON, J.; STOKES, L.; HELMS, J.; GESS-NEWSOME, J.; GARDNER, A. Examining PCK Research in the Context of Current Policy Initiatives. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Eds.). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. New York: Routledge. 2015. p. 199-213.

CARPENDALE, J.; HUME, A. Investigating Practising Science Teachers' pPCK and ePCK Development as a Result of Collaborative CoRe Design. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 223-250.

CHAPMAN, S.; MCPHEE, P.; PROUDMAN, B. What is Experiential Education?. In: WARREN, K. (Ed.). *The Theory of Experiential Education*. Dubuque: Kendall/Hunt, 1995. p. 235-248.

CHAN, K. K. H.; HUME, A. Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge is Investigated in Empirical Studies. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 3-76.

CHAN, K. K. H.; ROLLNICK, M.; GESS-NEWSOME, J. A Grand Rubric for Measuring Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 251-269.

CHINN, C. A.; MALHOTRA, B. A. Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, v. 86, n. 2, p. 175-218, 2002.

CHU, S. L.; DEUERMEYER, E.; QUEK, F. Supporting Scientific Modeling Through Curriculum-Based Making in Elementary School Science Classes. *International Journal of Child-Computer Interaction*, v. 16, p. 1-8, 2018.

CLEMENT, J. Learning Via Model Construction and Criticism. In: GLOVER, G.; RONNING, R.; REYNOLDS, C. (Eds.). *Handbook of Creativity: Assessment, Theory and Research*, New York, NY: Plenum, 1989. p. 341-381.

_____. Six Levels of Organization for Curriculum Design and Teaching. In: CLEMENT, J.; REA-RAMIREZ, M. A. (Eds.). *Model Based Learning and Instruction in Science*. Dordrecht: Springer, 2008a. p. 255-272.

_____. *Creative Model Construction in Scientists and Students: The Role of Imagery, Analogy, and Mental Simulation*. Dordrecht: Springer, 2008b.

COCHRAN-SMITH, M. *Policy, Practice, and Politics in Teacher Education: Editorials from the Journal of Teacher Education*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2006.

COOPER, R.; VAN DRIEL, J. Developing Research on PCK as a Community. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 301-313.

CRAWFORD, B. A.; CULLIN, M. J. Supporting Prospective Teachers' Conceptions of Modeling in Science. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 11, p. 1379-1401, 2004.

_____. Dynamic Assessments of Preservice Teachers' Knowledge of Models and Modelling. In: BOERSMA; GOEDHART, K. M.; DE JONG, O. EIJKELHOF, H. (Eds.), *Research and Quality of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2005. p. 309-323.

CRESWELL, J. W. *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. 3 ed. Los Angeles: Sage, 2013.

CROSS, D.; LEPAREUR, C. PCK at Stake in Teacher – Student Interaction in Relation to Students' Difficulties. In: GRANGEAT, M. (Ed.). *Understanding Science Teachers' Professional Knowledge Growth*. Rotterdam: Sense, 2015. p. 47-61.

CUNHA, M. I. Conta-me agora!: as narrativas como alternativas pedagógicas na pesquisa e no ensino. *Revista da Faculdade de Educação*, v. 23, p. 185-195, 1997.

_____. Os Conceitos de Espaço, Lugar e Território nos Processos Analíticos da Formação dos Docentes Universitários. In: CUNHA, M. I. (Org.). *Trajetórias e Lugares de Formação da Docência Universitária: da perspectiva individual ao espaço institucional*. Brasília: CAPES-CNPq, 2010. p. 45-57.

CUPERMAN, D.; VERNER, I. M. Fostering Analogical Reasoning Through Creating Robotic Models of Biological Systems. *Journal of Science Education and Technology*, v. 28, n. 2, p. 90-103, 2019.

DANUSSO, L.; TESTA, I.; VICENTINI, M. Improving Prospective Teachers' Knowledge about Scientific Models and Modelling: Design and Evaluation of a Teacher Educational Intervention. *International Journal of Science Education*, v. 32, n. 7, p. 871-905, 2010.

DAVIS, K. S. "Change is Hard": What Science Teachers are Telling us About Reform And Teacher Learning of Innovative Practices. *Science Education*, v. 87, n. 1, p. 3-30, 2003.

DAVIS, E. A.; KENYON, L.; HUG, B.; NELSON, M.; BEYER, C.; SCHWARZ, C.; REISER, B. J. MoDeLS: Designing Supports for Teachers Using Scientific Modeling. In: *Annual Meeting of the Association for Science Teacher Education*, St. Louis, MO. 2008.

DENZIN, N. LINCOLN, Y. *O Planejamento da Pesquisa Qualitativa – Teorias e Abordagens*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

- DEVELAKI, M. Using Computer Simulations for Promoting Model-Based Reasoning. Epistemological and Educational Dimensions. *Science & Education*, v. 26, n. 7-9, p. 1001-1027, 2017.
- DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, v. 5, p. 61-84, 1978.
- DUARTE, R. Pesquisa Qualitativa: Reflexões sobre o Trabalho de Campo. *Cadernos de Pesquisa*, n. 115, p. 139-154, 2002.
- DUSCHL, R. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008.
- DUSCHL, R. A.; ELLENBOGEN, K. Argumentation and Epistemic Criteria: Investigating Learners' Reasons for Reasons. *Educación Química*, v. 20, n. 2, p. 111-118, 2009.
- DUSCHL, R. A.; GITOMER, D. H. Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 9, p. 839-858, 1991.
- DUSCHL, R. A.; OSBORNE, J. Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, v. 38, n. 1, p. 39-72, 2002.
- ECKSTEIN, H. Case Study and Theory in Political Science. In: GOMM, R.; HAMMERSLEY, M.; FOSTER, P. (Eds.). *Case Study Method: Key Issues, Key Texts*. London: Sage, 2002. p. 119-163.
- ERDURAN, S.; DUSCHL, R. Interdisciplinary Characterizations of Models and the Nature of Chemical Knowledge in The Classroom. *Studies in Science Education*, v. 40, p. 105-138, 2004.
- ERICKSON, F. Qualitative Research Methods for Science Education. In: FRASER, B.; TOBIN, K.; MCROBBIE, C. J. (Eds.). *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 1451-1469.
- FALCÃO, D.; GILBERT, J.: The Stimulated Recall Method: A Research Tool Applicable to Learning at Science Museums. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos* v. 12 (suplemento), p. 93-115, 2005.
- FALCÃO, T. R.; TÉNIES, J. Sobre os Métodos Quantitativos na Pesquisa em Ciências Humanas: Riscos e Benefícios para o Pesquisador. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 81, n. 198, p. 229-243, 2000.
- FELDKERCHER, N. De Estudante a Professor Iniciante: A Construção dos Conhecimentos Docentes no Início da Carreira. *Vivências*, v. 10, p. 95-102, 2014.
- FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. Modelagem e o “Fazer Ciência”. *Química Nova na Escola*, v. 28, p. 32-36, 2008.

FISCHER, F. Beyond Empiricism: Policy Inquiry in Post Positivist Perspective. *Policy Studies Journal*, v. 26, n. 1, p. 129-146, 1998.

FLORES, M. A. La Investigación sobre los Primeros Años de Enseñanza: Lecturas e Implicaciones. In: GARCÍA, C. M. (Org.). *El Profesorado Principiante: Inserción a la Docencia*. Barcelona: Octaedro, 2009. p. 59-98.

FONSECA, S.; MAGINA, S. Estratégias de Ensino pela Ótica dos Estudantes: Reflexões sobre a Aprendizagem. *Revista e-Curriculum*, v. 15, n. 3, p. 664-692, 2017.

FREIRE, P. *Educação como Prática da Liberdade*. São Paulo: Paz e Terra, 1980.

_____. *A Educação na Cidade*. São Paulo: Cortez, 1991.

_____. Carta de Paulo Freire aos Professores. *Estudos avançados*, v. 15, n. 42, p. 259-268, 2001.

_____. *A Importância do Ato de Ler – Em Três Artigos que se Completam*. São Paulo: Cortez, 2005.

FREIRE, P.; SHOR, I. *Medo e Ousadia*. O Cotidiano do Professor. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

FRIGG, R.; NGUYEN, J. Models and Representation. In: MAGNANI, L.; BERTOLOTTI, T. (Eds.). *Springer Handbook of Model-based Science*. Cham: Springer, 2017, p. 49-102.

GARCEZ, A.; DUARTE, R.; EISENBERG, Z. Produção e Análise de Videograções em Pesquisas Qualitativas. *Educação e Pesquisa*. v. 37, n. 2, p. 249-262, 2011.

GESS-NEWSOME, J. A Model of Teacher Professional Knowledge and Skill Including PCK. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Eds.). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. New York: Routledge. 2015. p. 28-42.

_____. Pedagogical Content Knowledge: An introduction and orientation. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht: Springer. 1999. p. 3-20.

GIBSON, J. J. *The Ecological Approach to Visual Perception*. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1986.

GILBERT, J. K. Models and Modelling: Routes to a More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 2, n. 2, p. 115-130, 2004.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (Eds.). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer, 2000, p. 3-17.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C.; RUTHERFORD, M. Models in Explanations, Part 1: Horses for Courses?. *International Journal of Science Education*, v. 20, n. 1, p. 83-97, 1998.

- GILBERT, J. K.; JUSTI, R. *Modelling-based Teaching in Science Education*. Cham: Springer, 2016.
- GORZONI, S. P.; DAVIS, C. O Conceito de Profissionalidade Docente nos Estudos mais Recentes. *Cadernos de Pesquisa*, v. 47, n. 166, p. 1396-1413, 2017.
- GOUVEA, J.; PASSMORE, C. 'Models of' versus 'Models for'. *Science & Education*, v. 26, n. 1-2, p. 49-63, 2017.
- GRANDY, G. Conversation Analysis. In: MILLS, A. J.; DUREPOS, G.; WIEBE, E. (Eds.). *Encyclopedia of Case Study Research*. London: Sage, v. 1, 2010. p. 238-241.
- GRANDY, R. E; DUSCHL, R. A. Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*, v. 16, n. 2, p. 141-166, 2007.
- GRANGEAT, M. Exploring the Set of Pedagogical Knowledge, from Pedagogy to Content. In: GRANGEAT, M. (Ed.). *Understanding Science Teachers' Professional Knowledge Growth*. Rotterdam: Sense, 2015. p. 117-133.
- GRANGEAT, M.; HUDSON, B. A New Model for Understanding the Growth of Science Teacher Professional Knowledge. In: GRANGEAT, M. (Ed.). *Understanding Science Teachers' Professional Knowledge Growth*. Rotterdam: Sense, 2015. p. 203-228.
- HABRAKEN, C. L. Perceptions of Chemistry: Why is the Common Perception of Chemistry, the Most Visual of Sciences, so Distorted. *Journal of Science Education and Technology*, v. 5, p. 193-201, 1996.
- HALL, J. K. A Consideration of SLA as a Theory of Practice: A Response to Firth and Wagner. *The Modern Language Journal*, v. 81, n. 3, p. 301-306, 1997.
- HAN, M.; KIM, H. B. An Introverted Elementary Student's Construction of Epistemic Affect During Modeling Participation Patterns. *Journal of the Korean Association for Science Education*, v. 38, n. 2, p. 171-186, 2018.
- HARRISON, A. G. How do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students?. *Research in Science Education*, v. 31, n. 3, p. 401-435, 2001.
- HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. A Typology of School Science Models. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 9, p. 1011-1026, 2000a.
- _____. Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 352-381, 2000b.
- HENZE, I.; BARENDSSEN, E. Unravelling Student Science Teachers' pPCK Development and the Influence of Personal Factors Using Authentic Data Sources. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 201-221.
- HENZE, I.; VAN DRIEL, J. H. Toward a more Comprehensive Way to Capture PCK in Its Complexity. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Eds.). *Re-examining*

Pedagogical Content Knowledge in Science Education. New York: Routledge, 2015. p. 120-134.

HENZE, I.; VAN DRIEL, J. H.; VERLOOP, N. Science Teachers' Knowledge about Teaching Models and Modelling in the Context of a New Syllabus on Public Understanding of Science. *Research in Science Education*, v. 37, n. 2, p. 99-122, 2007.

_____. Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 10, p. 1321-1342, 2008.

HESTENES, D. Toward a Modeling Theory of Physics Instruction. *American Journal of Physics*, v. 55, n. 5, p. 440-454, 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*, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992.

_____. *Teaching and Learning about Science: Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*. Rotterdam: Sense, 2009.

_____. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

HONG, J. Y. Pre-Service and Beginning Teachers' Professional Identity and Its Relation to Dropping Out of the Profession. *Teaching and Teacher Education*, v. 26, n. 8, p. 1530-1543, 2010.

HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019.

HUTCHISON, A. J.; JOHNSTON, L. H.; BRECKON, J. D. Using QSR-NVivo to Facilitate the Development of a Grounded Theory Project: An Account of a Worked Example. *International Journal of Social Research Methodology*, v. 13, n. 4, p. 283-302 2010.

INGOLD, T. Tres en Uno: Como Disolver las Distinciones entre Cuerpo, Mente e Cultura. In: CRIADO, T. S. (Ed.). *Tecnogénesis: la construcción técnica de las ecologías humanas*. Madrid: AIBR, 2008. p. 1-33.

JABER, L. Z.; HAMMER, D. Learning to Feel like a Scientist. *Science Education*, v. 100, n. 2, p. 189-220, 2016.

JEWITT, C. *Technology, Literacy, Learning: A Multimodality Approach*. London: Routledge, 2006.

_____. *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*. London: Routledge, 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In: TABER, K. S.; AKPAN, B. B. *Science Education: An International Course Companion*. Rotterdam: Sense, 2017. p. 69-80.

JOVCHELOVITCH, S.; BAUER, M. Entrevista Narrativa. In: BAUER, M.W.; GASKELL, G. (Orgs). *Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som: Um manual prático*. 6 ed. Petrópolis: Vozes; 2007.

JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

_____. Learning How to Model in Science Classroom: Key Teacher's Role in Supporting the Development of Students' Modelling Skills. *Educación Química*, v. 20, n. 1, p. 32-40, 2009.

_____. Relações Entre Argumentação e Modelagem no Contexto da Ciência e do Ensino de Ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. especial, p. 31-48, 2015.

_____. Models and Representations: Additional theoretical discussions in the science education context. In: *X European Science Education Research Association Conference (ESERA)*, Nicosia, 2013.

_____. Celebrating the Life of John Kenward Gilbert. *International Journal of Science Education*, v. 42, n. 4, p. 493-503, 2020.

JUSTI, R.; CHAMIZO, J. A.; FRANCO, A. G.; FIGUEIRÊDO, K. L. Experiencias de Formación de Profesores Latinoamericanos de Ciencias sobre Modelos y Modelaje. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 29, n. 3, p. 413-426, 2011.

JUSTI, R.; GILBERT, J. History and Philosophy of Science Through Models: The Case of Chemical Kinetics. *Science and Education*, v. 8, n.3, p. 287-307, 1999.

_____. History and Philosophy of Science Through Models: Some Challenges in the Case of 'The Atom'. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 9, p. 993-1009, 2000.

_____. Modelling, Teachers' Views on the Nature of Modelling, Implications for the Education of Modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 3, p. 369-387, 2002a.

_____. Science Teachers' Knowledge about and Attitudes Towards the Use of Models and Modelling in Learning Science. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 12, p. 1273-1292, 2002b.

_____. Teachers' Views on the Nature of Models. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 11, p. 1369-1386, 2003.

JUSTI, R.; GUERRERO, J. A. C.; FRANCO, A. G.; FIGUEIRÊDO, K. L. Experiencias de Formación de Profesores de Ciencias Latinoamericanos sobre Modelos y Modelaje. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, v. 29, n. 3, p. 413-426, 2011.

JUSTI, R.; MAIA, P. Metacognição em Modelagem Desenvolvendo Conhecimentos sobre Ciência. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 534-538, 2009.

JUSTI, R.; VAN DRIEL, J. The Development of Science Teachers' Knowledge on Models and Modelling: Promoting, Characterizing, and Understanding the Process. *International Journal of Science Education*, v. 27, n. 5, p. 549-573, 2005.

_____. The Use of the Interconnected Model of Teacher Professional Growth for Understanding the Development of Science Teachers' Knowledge on Models and Modelling. *Teaching and Teacher Education*, v. 22, n. 4, p. 437-450, 2006.

KARNAOU, P.; TSIVITANIDOU, O. E.; LIVITZIIS, M.; NICOLAOU, C. T.; CONSTANTINOU, C. P. Practices and Challenges in an Undergraduate Teachers' Course: Modeling-Based Learning and Peer Assessment in Science. In: CAUDLE, L. A. (Ed.). *Teachers and Teaching: Global Practices, Challenges and Prospects*. New York: Nova Science, 2018, p. 103-125.

KELLY, G. J. Inquiry, Activity and Epistemic Practice. In: DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (Eds.). *Teaching scientific inquiry*. Rotterdam: Sense, 2008. p. 99-117.

KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. In: MATTHEWS, M. (Ed.). *History, Philosophy and Science Teaching: New research perspectives*. Cham: Springer, 2018, p. 139-165.

KENDON, A. *Gesture: visible action as utterance*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

KENYON, L.; DAVIS, E. A.; HUG, B. Design Approaches to Support Preservice Teachers in Scientific Modeling. *Journal of Science Teacher Education*, v. 22, n.1, p. 1-21, 2011.

KHAN, S. What's Missing in Model-Based Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, v. 22, n. 6, p. 535-560, 2011.

_____. Pedagogical Content Knowledge in Science Education: Perspectives and Potential for Progress. *Studies in Science Education*, v. 45, n. 2, p. 169-204, 2009.

KIND, V. Studies in Science Education Pedagogical Content Knowledge in Science Education: Perspectives and Potential for Progress. *Studies in Science Education*, v. 45, n. 2, p. 169-204, 2009.

KIND, P.; OSBORNE, J. Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rationale for Science Education?. *Science Education*, v. 101, n. 1, p. 8-31, 2017.

KNUUTTILA, T. *Models as Epistemic Artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation*. Helsinki: University of Helsinki, 2005.

_____. Modelling and Representing: An artefactual approach to model-based representation. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 42, p. 262-271, 2011.

KNUUTTILA, T.; BOON, M. How Do Models Give us Knowledge? The Case of Carnot's Ideal Heat Engine. *European Journal for the Philosophy of Science*, v.1, n.3, p. 309-334, 2011.

KRAJCIK, J.; MERRITT, J. Engaging Students in Scientific Practices: What Does Constructing and Revising Models Look Like in the Science Classroom?. *The Science Teacher*, v. 79, n. 3, p. 38-41, 2012.

KRELL, M.; WALZER, C.; HERGERT, S.; KRÜGER, D. Development and Application of Category System to Describe Pre-Service Science Teachers' Activities in The Process of Scientific Modelling. *Research in Science Education*, v. 49, n. 5, p. 1319-1345, 2019.

KRESS, G. What is Mode?. In: CAREY, J. (Ed.). *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*. New York: Routledge, 2009. p. 54-67.

KUNTER, M.; KLEICKMANN, T.; KLUSMANN, U.; RICHTER, D. The Development of Teachers' Professional Competence. In: KUNTER, M.; BAUMERT, J.; BLUM, W.; KLUSMANN, U.; KRAUSS, S.; NEUBRAND, M. (Eds.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers*. Boston: Springer, 2013. p. 63-77.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. *A Construção do Saber: Manual de Metodologia da Pesquisa em Ciências Humanas*. Porto Alegre: Artes Médicas: Belo Horizonte, 1999.

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, Present, and Future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2007. p. 831-879.

LEHRER, R.; SCHAUBLE, L. Cultivating Model-based Reasoning in Science Education. In: SAWYER, R. K. (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press. 2006, p. 371-387.

_____. Seeding Evolutionary Thinking by Engaging Children in Modeling Its Foundations. *Science Education*, v. 96, n. 4, p. 701-724, 2012.

LEIGHTON, J. P. Avoiding Misconception, Misuse, and Missed Opportunities: The Collection of Verbal Reports in Educational Achievement Testing. *Educational Measurement: Issues and Practice*, v. 23, n. 4, p. 6-15, 2004.

LEMKE, J. *Talking Science. Language, Learning and Values*. New Jersey: Ablex, 1990.

LEONARDOS, A. C. I.; FERRAZ, E. A.; GONÇALVES, H. M. O Uso do Vídeo em Metodologia de Avaliação. *Lumina*. v. 2, n. 1, p. 123-133, 1999.

LEWIS, L. H.; WILLIAMS, C. J. Experiential Learning: Past and Present. In: JACKSON, L. CAFFARELLA, R. S. (Eds.), *Experiential Learning: A new approach*. San Francisco: Jossey-Bass, 1994, p. 5-16).

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. D. H. A Não-Modernidade de Bruno Latour e suas Implicações para a Educação em Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 2, p. 367-388, 2018.

LINCOLN, Y. S.; GUBA, E. G. Judging the Quality of Case Study Reports. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, v. 3, n. 1, p. 53-59, 1990.

- ROTH, W. M.; JORNET, A. Toward a Theory of Experience. *Science Education*, v. 98, n. 1, p. 106-126, 2014.
- LIU, F.; MAITLIS, S. Nonparticipant Observation. In: MILLS, A. J.; DUREPOS, G.; WIEBE, E. (Eds.). *Encyclopedia of Case Study Research*. London: Sage, v. 2, 2010. p. 610-612.
- LOUCA, L, T.; ZACHARIA, Z, C. Modeling-based Learning in Science Education: Cognitive, Metacognitive, Social, Material and Epistemological Contributions. *Educational Review*, v. 64, n. 4, p. 471-492, 2012.
- 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.
- LÜDKE, M. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MAGNUSSON, S. J.; PALINCSAR, A. S.; TEMPLIN, M. Community, Culture, and Conversation in Inquiry Based Science Instruction. In: FLICK L. B., LEDERMAN N. G. (Eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Dordrecht: Springer, 2006. p. 131-155.
- MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J. BORKO, H. Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Eds.) *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht: Springer, 1999. p. 95-132.
- MAHR, B. On the Epistemology of Models. In: ABEL, G.; CONANT, J. (Eds.). *Rethinking Epistemology*. Berlin: De Gruyter, 2011. p. 301-352.
- MAIA, P. F. P.; JUSTI, R. Desenvolvimento de Habilidades em Atividades de Modelagem. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 775-778, 2009.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia do Trabalho Científico*. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARIETTO, M. L. Observação Participante e Não Participante: Contextualização Teórica e Sugestão de Roteiro para Aplicação dos Métodos. *Revista Ibero Americana de Estratégia*, v. 17, n. 4, p. 05-18, 2018.
- MARZABAL, A.; DELGADO, V.; MOREIRA, P.; BARRIENTOS, L.; MORENO, J. Pedagogical Content Knowledge of Chemical Kinetics: Experiment Selection Criteria to Address Students' Intuitive Conceptions. *Journal of Chemical Education*, v. 95, n. 8, p. 1245-1249, 2018.
- MATON, K. Making Semantic Waves: A Key to Cumulative Knowledge-Building. *Linguistics and Education*, v. 24, n. 1, p. 8-22, 2013.
- MATON, K.; CHEN, R. T. H. Specialization from Legitimation Code Theory: How the Basis of Achievement Shapes Student Success. In: MARTIN, J. R.; MATON, K.; PIN, W.

ZHENHUA, W. (Eds.). *Understanding Academic Discourse*, Beijing: Higher Education Press, 2017. p. 1-22.

MATTOS, P. L. C. L. A Entrevista Não-Estruturada como Forma de Conversação: Razões e Sugestões para sua Análise. *Revista de Administração Pública-RAP*, v. 39, n. 4, p. 823-846, 2005.

MAVHUNGA, E.; ROLLNICK, M. Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-Service Teachers. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, v. 17, n. 1-2, p. 113-125, 2013.

MAZIBE, E. N.; COETZEE, C.; GAIGHER, E. A Comparison Between Reported and Enacted Pedagogical Content Knowledge (PCK) About Graphs of Motion. *Research in Science Education*, v. 50, n. 3, p. 941-964, 2020.

MEERSCHAERT, M. M. *Mathematical Modeling*. New York: Academic Press, 1993.

MEISTER, S.; KRELL, M.; GÖHNER, M.; UPMEIER ZU BELZEN, A. Pre-service Biology Teachers' Responses to First-Hand Anomalous Data During Modelling Processes. *Research in Science Education*, v. 51, n. 6, p. 1459-1479, 2020.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contributions of the Model of Modelling Diagram to the Learning of Ionic Bonding: Analysis of a Case Study. *Research in Science Education*, v. 41, n.4, p. 479-503, 2011.

_____. An Instrument for Analyzing Arguments Produced in Modeling-Based Chemistry Lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 51, n. 2, p. 192-218, 2014.

MERRIAM, S. B. *Case Study Research in Education: A Qualitative Approach*. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1988.

_____. *Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation*. San Francisco: John Wiley & Sons. 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. *Currículo Básico Comum de Química para o Ensino Médio*. Belo Horizonte: Governo de Minas Gerais, 2007.

MORAES JÚNIOR, J. A. Para uma Crítica dos Discursos da Identidade Reflexiva. *Educação em Perspectiva*, v. 2, n. 2, p. 211-222, 2011.

MORINE-DERSHIMER, G.; KENT, T. The Complex Nature and Sources of Teachers' Pedagogical Knowledge. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht: Springer, 1999. p. 21-50.

MORRISON, M.; MORGAN, M. S. Models as Mediating Instruments. In: MORGAN, M. S.; MORRISON, M. (Eds.). *Models as mediators*. Cambridge: Cambridge University Press. 1999. p. 10-37.

MORTIMER, E. F.; MASSICAME, T.; BUTY C.; TIBERGHIE, A. Uma Metodologia para Caracterizar os Gêneros de Discurso como Tipos de Estratégias Enunciativas nas Aulas de

Ciências. In: NARDI, R. *A Pesquisa em Ensino de Ciência no Brasil: Alguns Recortes*. São Paulo: Escritura. 2007, p. 53-94.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Students' Pre-and Post-Teaching Analogical Reasoning when They Draw their Analogies. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 3, p. 429-458, 2012.

_____. "Nem Tudo que Reluz é Ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 1, p. 123-147, 2015.

_____. Modelagem Analógica no Ensino de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 23, n. 1, p. 155-182, 2018.

NIELSEN, S. S.; NIELSEN, J. A. A Competence-Oriented Approach to Models and Modelling in Lower Secondary Science Education: Practices and Rationales Among Danish Teachers. *Research in Science Education*, v. 51, n. 2, p. 565-593, 2019.

NELSON, M. M.; DAVIS, E. A. Preservice Elementary Teachers' Evaluations of Elementary Students' Scientific Models: An Aspect of Pedagogical Content Knowledge for Scientific Modeling. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 12, p. 1931-1959, 2012.

NERSESSIAN, N. J. *Creating Scientific Concepts*. Cambridge: MIT, 2008.

_____. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J. E.; THAGARD, P. (Eds.). *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*. New York: Kluwer/Plenum, 1999. p. 5-22.

_____. Mental Modeling in Conceptual Change. In: VOSNIADOU, S. (Ed.). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. London: Routledge, 2008. p. 391-416.

NORMAN, D. *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. New York: Basic Books, 2013.

NORRIS, S. *Analyzing Multimodal Interaction: A Methodological Framework*. New York: Routledge, 2004.

NÚÑEZ-OVIEDO, M. C.; CLEMENT, J.; REA-RAMIREZ, M. A. Developing Complex Mental Models in Biology Through Model Evolution. In: CLEMENT, J. J.; REA-RAMÍREZ, M. A. (Eds.). *Model Based Learning and Instruction in Science*. Dordrecht: Springer, 2008. p. 173-193.

OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*. *Measuring students knowledge and skills: the PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris. OECD, 2013.

ØDEGAARD, M. Dramatic Science. A Critical Review of Drama in Science Education. *Studies in Science Education*, v. 39, n. 1, p. 75-10, 2003.

OLIVEIRA, I. N. Alteridade e Ética na Pesquisa. In: Comissão de Ética em Pesquisa da ANPEd. *Ética e pesquisa em Educação [recurso eletrônico]: subsídios - volume 2*. Rio de Janeiro: ANPEd, 2021, p. 13-19.

OLIVEIRA, L. A.; SÁ, E. F.; MORTIMER, E. F. Transformação da Ação Mediada a partir da Ressignificação do Uso de Objetos Mediadores em Aulas do Ensino Superior. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, p. 251-274, 2019.

OLIVEIRA, L.; MORTIMER, E. F. Os Percursos de Transformação da Ação Mediada por Recursos Educacionais: O Ponto de Vista de uma Professora de Química Orgânica de Ensino Superior. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 22, artigo e19940, p. 1-24, 2020.

OLIVEIRA, L.; QUADROS, A. L. D. O Uso do Caso Talidomida Auxiliando na Construção de Significados em Aulas de Química do Ensino Superior. *Química Nova*, v. 43, n. 4, p. 486-492, 2020.

OSBORNE, J. Science Teaching Methods: A Rationale for Practices. *School Science Review*, v. 93, n. 343, p. 93-103, 2011.

_____. Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, v. 25, n. 2, p. 177-196, 2014b.

_____. Scientific Practices and Inquiry in the Science Classroom. In: Lederman, N. G.; Abell, S. K. (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*. New York: Routledge, 2014a. p. 579-599.

PAPADOURIS, N.; CONSTANTINOU, C. P. An Exploratory Investigation of 12-Year-Old Students' Ability to Appreciate Certain Aspects of the Nature of Science Through a Specially Designed Approach in the Context of Energy. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 5, p. 755-782, 2014.

PARK, S. Reconciliation Between the Refined Consensus Model of PCK and Extant PCK Models for Advancing PCK Research in Science. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 117-128.

_____. Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, v. 38, n. 3, p. 261-284, 2008.

PARK, S.; SUH, J. K. The PCK Map Approach to Capturing the Complexity of Enacted PCK (ePCK) and Pedagogical Reasoning in Science Teaching. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 185-197.

PASSMORE, C.; GOUVEA, J. S.; GIÉRE, R. Models in Science and in Learning Science: Focusing scientific practice on sense-making. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 1171-1202.

- PASSOS, C. L. B.; NACARATO, A. M.; FIORENTINI, D.; MISKULIN, R. G. S.; GRANDO, R. C.; GAMA, R. P.; MEGID, M. A. B. A.; FREITAS, M. T. M.; MELO, M. V. Desenvolvimento Profissional do Professor que Ensina Matemática: uma meta-análise de estudos brasileiros. *Quadrante – Revista Teórica e de Investigação*, v. 15, n. 1-2, p. 93-219, 2006.
- PINHEIRO, E. M.; KAKEHASHI, T. Y.; ANGELO, M. O Uso de Filmagem em Pesquisas Qualitativas. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*. v.13, n. 5, p. 717-722, 2005.
- REYNA, C. P. Vídeo e Pesquisa Antropológica: encontros e desencontros. *Biblioteca On-line de Ciências da Computação*. p. 1-17, 1997.
- REYNOLDS, W. M.; PARK, S. Examining the Relationship Between the Educative Teacher Performance Assessment and Preservice Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 58, n. 5, p. 721-748, 2021.
- ROLLNICK, M.; MAVHUNGA, E. The PCK Summit and Its Effect. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Eds.). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. New York: Routledge, 2015. p. 135-146.
- SADALLA, A. M.; LAROCCA, P. Autoscopia: Um Procedimento de Pesquisa e de Formação. *Educação e Pesquisa*. v. 30, n. 3, p. 419-433, 2004.
- SADLER, P. M.; TAI, R. H. Success in Introductory College Physics: The Role of High School Preparation. *Science Education*, v. 85, n. 2, p. 111-136. 2001.
- SALDAÑA, J. *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. Los Angeles: Sage, 2015.
- SANTOS, M. MAIA, P.; JUSTI, R. Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, p. 581-616, 2020.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2016.
- SCHNEIDER, R. M. Illustrating and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through Learning Study. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 167-186.
- _____. Pedagogical Content Knowledge Reconsidered: A teacher educator's perspective. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Eds.). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. New York: Routledge, 2015. p. 162-177.
- SCHRAIBER, L. B. Pesquisa Qualitativa em Saúde: Reflexões Metodológicas do Relato Oral e Produção de Narrativas em Estudo sobre a Profissão Médica. *Revista de Saúde Pública*, v. 29, n. 1, p. 63-74, 1995.

SCHWARTZ, R. S. Modeling Competence in the Light of Nature of Science. *In: UPMEIER ZU BELZEN, A.; KRÜGER, D.; VAN DRIEL, J. (Eds.). Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Switzerland: Springer, 2019. p. 59-77.

SCHWARZ, C. V. Developing Preservice Elementary Teachers' Knowledge and Practices Through Modeling-Centered Scientific Inquiry. *Science Education*, v. 93, n. 4, p. 720-744, 2009.

SCHWARZ, C. V.; MEYER, J.; SHARMA, A. Technology, Pedagogy, and Epistemology: Opportunities and Challenges of Using Computer Modeling and Simulation Tools in Elementary Science Methods. *Journal of Science Teacher Education*, v. 18, n. 2, p. 243-269, 2007.

SCHWARZ, C. V.; REISER, B.; ACHER, A.; KENYON, L.; FORTUS, D. MoDeLS: Challenges in Defining a Learning Progression for Scientific Modeling. *In: ALONZO, A.; GOTWALS, A. (Eds.). Learning Progressions in Science*. Leiden: Brill Sense, 2012. p. 101-137.

SCHWARZ, C. V., REISER, B. J., DAVIS, E. A., KENYON, L., ACHÉR, A., FORTUS, D.; HUG, B.; KRAJCIK, J. Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 6, p. 632-654, 2009.

SCHWARZ, C. V.; WHITE, B. Y. Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, v. 23, n. 2, p. 165-205, 2005.

SCOTT, P.; MORTIMER, E.; AMETLLER, J. Pedagogical Link-Making: A Fundamental Aspect of Teaching and Learning Scientific Conceptual Knowledge. *Studies in Science Education*, v. 47, n. 3, p. 3-36, 2011.

SHÖN, D. *Educação e Mundo Moderno*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1997.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, v. 15, p. 4-14, 1986.

_____. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, v. 57, n. 1, p. 1-23, 1987.

_____. PCK: Its Genesis and Exodus. *In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. (Eds.). Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. New York: Routledge. 2015. p. 13-23.

SILVA, D. *O Ensino Construtivista da Velocidade Angular*. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1990.

SORGE, S.; STENDER, A.; NEUMANN, K. The Development of Science Teachers' Professional Competence. *In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 149-164.

STAKE, R. E. The Case Study Method in Social Inquiry. *Educational Researcher*, v. 7, n. 2, p. 5-8, 1978.

STARKE, S.; STROHSCHNEIDER, S. Case Study Research in Psychology. In: MILLS, A. J.; DUREPOS, G.; WIEBE, E. (Eds.). *Encyclopedia of Case Study Research*. London: Sage, 2010. p. 114-117.

STIEFF, M.; SCOPELITIS, S.; LIRA, M. E.; DESUTTER, D. Improving Representational Competence with Concrete Models. *Science Education*, v. 100, n. 2, p. 344-363, 2016.

SUTTON, C. Beliefs about Science and Beliefs about Language. *International Journal of Science Education*, v. 18, p. 1-18, 1996.

TARDIF, M. *Saberes Docentes e Formação Profissional*. 14. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2012.

TARDIF, M.; LESSARD, C. *O Trabalho Docente: Elementos para uma Teoria da Docência como Profissão de Interações Humanas*. 2 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2005.

TARDIF, M.; RAYMOND, D. Saberes, Tempo e Aprendizagem do Trabalho no Magistério. *Revista Educação e Sociedade*, v. 21, n. 73, p. 209-244, 2000.

TAY, S. L.; YEO, J. Analysis of a Physics Teacher's Pedagogical 'Micro-Actions' that Support 17-Year-Olds' Learning of Free Body Diagrams Via a Modelling Approach. *International Journal of Science Education*, v. 40, n. 2, p. 109-138, 2018.

TESCH, R. *Qualitative Research: Analysis Types and Software Tools*. New York: Falmer Press, 1990.

TOBIN, R. G.; LACY, S. J.; CRISSMAN, S.; HADDAD, N. Model-Based Reasoning about Energy: A Fourth-Grade Case Study. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 55, n. 8, p. 1134-1161, 2018.

TOMASELLO, M. *Origens Culturais da Aquisição do Conhecimento Humano*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

TOMASELLO, M.; CARPENTER, M.; CALL, J.; BEHNE, T.; MOLL, H. Understanding and Sharing Intentions: The Origins of Cultural Cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 28, n. 5, p. 675-691, 2005.

TONIN, L.; LACERDA, M. R.; FAVERO, L.; NASCIMENTO, J. D.; ZAGONEL, I. P. S. Diário de Campo na Pesquisa Qualitativa de Enfermagem: Da Teoria à Prática. In: LACERDA, M. R.; RIBEIRO, R. P.; COSTENARO, R. G. S. (Orgs.). *Metodologias da Pesquisa para a Enfermagem em Saúde: Da Teoria à Prática*. v2. Porto Alegre: Moriá, 2018.

UDU, D. A. Innovative Practices in Science Education: A Panacea for Improving Secondary School Students' Academic Achievement in Science Subjects in Nigeria. *Global Journal of Educational Research*, v. 17, n. 1, p. 23-30, 2018.

UPMEIER ZU BELZEN, A.; VAN DRIEL, J.; KRÜGER, D. Introducing a Framework for Modeling Competence. In: UPMEIER ZU BELZEN, A.; KRÜGER, D.; VAN DRIEL, J.

(Eds.). *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Cham: Springer, 2019. p. 3-19.

VAN DRIEL, J.; BERRY, A. Teacher Professional Development Focusing on Pedagogical Content Knowledge. *Educational Researcher*, v. 41, n. 1, p. 26-28, 2012.

VAN DRIEL, J. H.; BERRY, A.; MEIRINK, J. A. Research on Science Teacher Knowledge. In: LEDERMAN, N. G.; ABELL S. K. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, New York: Routledge, 2014. p. 848-870.

VAN DRIEL, J. H.; VERLOOP, N. Teachers' knowledge of Models and Modeling in Science. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 11, p. 1141-1153. 1999.

_____. Experienced Teachers' Knowledge of Teaching and Learning of Models and Modelling in Science Education. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 12, p. 1255-1272, 2002.

VAN DRIEL, J. H.; VERLOOP, N.; DE VOS, W. Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 6, p. 673-695, 1998.

VANWYNSBERGHE, R.; KHAN, S. Redefining Case Study. *International Journal of Qualitative Methods*, v. 6, n. 2, p. 80-94, 2007.

VASCONCELOS, L.; KIM, C. Coding in Scientific Modeling Lessons (CS-Model). *Educational Technology Research and Development*, v. 68, n. 3, p. 1247-1273, 2020.

VIGOTSKI, L. S. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

VIGOTSKI, L.S. *A Formação Social da Mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WERTSCH, J. V. A Sociocultural Approach to Socially Shared Cognition. In: RESNICK, L. B.; LEVINE, J. M.; TEASLEY, S. D. (Eds.). *Perspectives on Socially Shared Cognition*. Washington: American Psychological Association, 1991. p. 85-100.

WERTSCH, J. V. *Mind as Action*. New York: Oxford University Press, 1998.

WILLIAMS, G.; CLEMENT, J. Identifying Multiple Levels of Discussion-Based Teaching Strategies for Constructing Scientific Models. *International Journal of Science Education*, v. 37, n. 1, p. 82-107, 2015.

WILSON, C. D.; BOROWSKI, A.; VAN DRIEL, J. Perspectives on the Future of PCK Research in Science Education and Beyond. In: HUME, A.; COOPER, R.; BOROWSKI, A. (Eds.). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 2019. p. 289-300.

WINDSCHITL, M.; THOMPSON, J. Transcending Simple Forms of School Science Investigation: The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model-Based Inquiry. *American Educational Research Journal*, v. 43, n. 4, p. 783-835, 2006.

WINDSCHITL, M.; THOMPSON, J.; BRAATEN, M. Beyond the Scientific Method: Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. *Science Education*, v. 92, n. 5, p. 941-967, 2008a.

_____. How Novice Science Teachers Appropriate Epistemic Discourses Around Model-Based Inquiry for Use in Classrooms. *Cognition and Instruction*, v. 26, n. 3, p. 310-378, 2008b.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZEICHNER, K. M. A. *Formação Reflexiva de Professores: idéias e práticas*. Lisboa: Educa, 1993.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – ROTEIRO DA ENTREVISTA INICIAL

1. Gostaríamos de saber um pouco sobre a sua formação escolar, acadêmica e profissional, desde o Ensino Fundamental ao Ensino Superior:
 - Como foi seu percurso escolar? Em quais escolas você estudou?
 - Em qual(ais) universidade(s) se graduou, por quanto tempo e em que ano finalizou a graduação?
 - Em qual(ais) instituição(ões) fez o Mestrado e o Doutorado e em qual(ais) ano(s) finalizou cada um deles?
 - De um modo geral, como você avalia a sua formação escolar, acadêmica e profissional?

2. Gostaríamos de saber um pouco mais sobre sua carreira no magistério:
 - Há quanto tempo você atua no magistério?
 - Como foi o início da carreira?
 - Você se inspirou em algum(a) professor(a) que você teve para organizar suas ações e dinâmicas de sala de aula no início da sua carreira?
 - E hoje, você considera que ainda se inspira em algum deles ou você acredita que tem seu jeito próprio de ensinar?
 - Em quais níveis de ensino você já atuou? Por quanto tempo?
 - Você pode descrever um pouco como foram essas experiências (quais as reflexões, se você gostava ou não, quais as dificuldades)?

3. Gostaríamos de saber um pouco mais sobre suas experiências na UF:
 - Há quanto tempo você leciona na UF?
 - Como foi no início para você dar aulas nessa universidade (tanto aulas do curso técnico quanto do Ensino Superior)
 - Para quais cursos você costuma lecionar?
 - Você consegue identificar algumas mudanças na sua prática docente, do início da carreira na UF para os dias atuais?

4. Gostaríamos de saber agora aspectos do ensino de/sobre modelagem em sua trajetória escolar e acadêmica.
 - Você se lembra, enquanto aluna do Ensino Básico, se algum professor que você teve ministrou aulas de ou sobre modelagem? Se sim, você poderia narrar um pouco de suas lembranças sobre como foram essas experiências? Novamente, se sim, essas aulas eram muito diferentes daquelas que você ministra hoje sobre modelagem?
 - E na universidade, você teve contato com essa estratégia em aulas de algum(uns) professor(es)? Em qual(ais) disciplina(s)? Qual foi a sua avaliação, naquele momento sobre o uso dessa estratégia? Isso mudou a sua concepção sobre os processos? Como?

- Como você considera que foi sua formação na graduação na aprendizagem do ensino baseado em modelagem?
 - Parece que no mestrado e no doutorado você pesquisou a modelagem no ensino, correto? Você poderia descrever, resumidamente, seus estudos e as pesquisas desenvolvidas?
 - Você considera que essas experiências na pós-graduação contribuíram para a condução da modelagem no ensino? De qual(ais) forma(as)?
5. Gostaríamos de saber, agora, aspectos do ensino de/sobre modelagem em sua trajetória profissional.
- Você se lembra como foi a primeira vez que você conduziu atividades de/sobre modelagem tanto no Ensino Básico quanto no Ensino Superior? Se sim, você poderia descrever como foi essa experiência?
 - E depois disso, as próximas vezes que conduziu aulas dessa natureza, quais as suas lembranças e/ou reflexões? Mudou alguma/muita coisa?
 - E como você considera suas aulas de/sobre modelagem nos dias atuais, tanto no Ensino Básico quanto no Ensino Superior?
 - Do início até os dias de hoje, como você avalia esse processo?
 - Você poderia nos dizer o que você considera de vantagens e desvantagens em ensinar modelagem para os alunos do nível básico e do nível superior?
6. Sobre o planejamento das aulas, gostaríamos de saber:
- Você se lembra de como era seu planejamento de aulas de/sobre modelagem quando começou a usá-la como estratégia de ensino? Quanto tempo, em média, você levava para planejar as aulas? Quais estratégias você utilizava para planejar as aulas no início?
 - Com relação aos modos de planejar, eles mudaram muito durante sua atuação até os dias atuais?
 - Quanto tempo você leva hoje para planejá-las? Quais estratégias para planejar você utiliza?

APÊNDICE 2 – TRECHO DE TRANSCRIÇÃO DO DISCURSO ENTRE LIZI E LICENCIANDOS, COMPLEMENTADO POR OBSERVAÇÕES FEITAS EM NOTAS DE CAMPO

Assim que os licenciandos realizaram experimentos de aquecimento e queima de pedaços de plástico, Lizi circulou entre os grupos e conversou com alguns licenciandos sobre a atividade. Após perguntar se todos já haviam terminado, ela iniciou a atividade de apresentação das ideias dos licenciandos, convidando o primeiro grupo a apresentar o seu modelo reformulado à turma. Miguel se dirigiu à frente da sala para apresentar a ideia do seu grupo. Seus colegas de grupo haviam faltado ao sexto encontro, o que resultou na participação parcial deles no processo e, por isso, esse licenciando apresentou o modelo sozinho.

Miguel desenhou no quadro duas representações de estruturas, uma para moléculas da sacola plástica e uma para moléculas da carcaça de TV, uma equação e um gráfico de ponto triplo de uma substância. Ele explicou que a primeira hipótese do grupo era a de que o plástico mole da sacola era composto por um polímero cuja cadeia tinha ligações simples e ramificadas.

Segundo Miguel, a representação com cadeia ramificada para o material seria motivo para a diminuição de interações entre as moléculas da sacolinha. Além disso, diminuiria a densidade. Para explicar isto, ele explicou que o grupo decidiu acrescentar átomos de elementos químicos eletronegativos, representados pelo símbolo genérico X, nas extremidades das cadeias e nas suas ramificações. Com isto, eles consideravam que aumentaria a interação entre as moléculas dos polímeros e o aumento da elasticidade do material. Para o modelo da carcaça de TV, eles propuseram que o polímero era constituído por cadeias não ramificadas entre as quais seriam estabelecidas pontes de enxofre (considerando o elemento X sendo enxofre) entre elas, o que seria uma estrutura mais organizada e que facilitaria o acoplamento de outras cadeias. Isto resultaria em uma maior densidade do material e maior temperatura de ebulição do mesmo frente ao aquecimento progressivo. Ele também discutiu a questão da capacidade térmica: (i) definindo o conceito e; (ii) afirmando que eles consideravam que a capacidade térmica do material da carcaça de TV era maior do que a da sacola plástica. Ele também discutiu o fato de a carcaça de TV queimar antes de derreter e a sacola plástica não, afirmando que o fato da carcaça pegar fogo se devia à ocorrência de uma reação química. A partir disso, ele tentou explicar por que a carcaça de TV derrete depois de pegar fogo dizendo que primeiro ocorre uma reação química e depois uma mudança de fase. Contudo, o plástico da sacolinha derrete de uma vez, o que foi justificado a partir da entalpia da quebra da cadeia polimérica ou da interação entre as cadeias poliméricas. Uma licencianda, Fernanda, disse que concordava com ele no ponto referente à entalpia e eles discutiram mais sobre isto. No decorrer dessa discussão, Lizi fez uma pergunta. Durante todas as suas falas, Miguel se dirigia aos desenhos que havia feito no quadro. Lizi também se dirigia a esses desenhos quando as perguntas que fazia tinham a ver com aspectos deles.

Lizi: Minha pergunta é: se o que tá ficando líquido que você viu lá, que estava escorrendo, se é o mesmo material, ou não?

Mário: Não é não! Na verdade, ocorre uma reação e por isso muda o produto.

Os outros licenciandos fizeram outras perguntas. Lizi aproveitou e também questionou.

Lizi: Eu não tô lembrada que esses átomos X existiam nas pontas da cadeia, Miguel...

Miguel: Nossa, é mesmo. Nós discutimos isto [no grupo] mas nós não pensamos que tinha tantos assim [como está na representação da molécula].

Lizi: É isso mesmo! Eu até lembro que vocês tinham no modelo uma bolinha azul.

Miguel: É isto mesmo. Verdade!

Miguel alterou a representação da molécula da carcaça de TV desenhada no quadro retirando alguns elementos X e aumentando o tamanho da cadeia polimérica.

Lizi: Eu me lembro que realmente estava mais parecida com a representação atual. É isso mesmo. O que vocês não tinham fechado era se era ligação ou interação. E agora?

Miguel: A gente realmente não havia fechado essa questão, mas pode ser com a ligação em ponte de enxofre mesmo. Isso poderia dar um gancho para discutir a elasticidade da sacolinha.

Lizi: Mas aí, quando funde a sacolinha... porque derreteu, né? A sacolinha derrete. E o que é derreter? É fundir. Então, o que que está acontecendo nessa estrutura aí, que você está representando para mim, quando está passando para o estado líquido?

Miguel: Olha, observando pelo vídeo, quando se derrete a sacola [ele usou uma folha de papel para representar a molécula da sacola, dobrando a folha] as pontas da estrutura interagem entre si. Mas eu não quero dizer se o polímero se quebra ou não.

Lizi: Aí, só lembrando o experimento que a Célia fez, esquentando a sacolinha, a gente conseguiu ver. É uma prática entre crianças, às vezes fazem isso: o pinga-pinga, a sacola vai derretendo, você aquece ela e vai pingando mesmo, né? E depois solidifica, aparentemente o mesmo material da sacola. Na verdade, agente fez o pinga-pinga aqui. Aí o que que está acontecendo ali, quando está líquido?

Miguel: Olha, eu acredito que os polímeros diminuía de tamanho.

Lizi: Então, não seria só uma fusão, seria uma reação?

Miguel: Isso! Seria análogo ao que acontece com a carcaça de TV, mas na sacolinha sai um gás, né?

Lizi: Ah tá, na sacola?

Miguel: Isso! Mas é mais intenso do que no plástico preto.

Lizi: Mas isso quando a gente colocou fogo, né? E quando a gente só chegou o isqueiro sem pôr fogo? Ela enruga, né? Igual na pasta na hora que eu passei o isqueiro, né? Ficou molinho. Então, dava para ver que ficou mais viscoso, mais viscoso não! Menos. Escoou mais fácil, mas lá não estava queimando, eu tomei cuidado para não queimar.

Miguel: Eu acho que onde há fumaça há fogo. Por isso quando tem formação de fumaça a gente pode dizer que tem reação química, né?

A turma discutiu a questão do aparecimento de fumaça no aquecimento. Após a discussão, Lizi apresentou outro ponto de vista.

Lizi: Só me paira uma dúvida ainda. Quando o plástico vai ficando mole, quando vai ficando líquido propriamente, o que está acontecendo na sacola?

Miguel: Olha, Lizi, com a saída de fumaça deve estar acontecendo uma reação química.

Eles foram discutindo essa questão (inaudível pelas falas ao mesmo tempo).

Lizi: Eu tô pensando aqui em uma possibilidade que seria, por exemplo... não sei se vocês já fizeram isso em casa. A gente faz isso geralmente sem querer. Às vezes tem uma sacola ou um objeto de plástico, um fio de plástico, uma coisa que a gente tá manuseando, às vezes a bancada não está organizada e aí a panela chega e...

Fernanda interrompeu:

Fernanda: Nossa! Isso acontece mesmo. Lá em casa, a panela até soltou o cabo porque havia esquentado demais e ele era de plástico.

Eles discutiram isso (inaudível pelas falas ao mesmo tempo). Lizi retomou a fala.

Lizi: Mas a sacolinha fica evidente [que funde], porque você puxa e dá aquele visgo, né?

Eles continuaram discutindo esses materiais. Miguel apresentou novamente a questão da formação de fumaça na queima dos plásticos:

Miguel: Com a fumaça, se percebe também que o cheiro que sai não é o cheiro do material.

Eles continuaram discutindo se o material da sacola fundia ou se decompunha.

Miguel: E também o plástico, quando derrete e endurece, ele fica quebradiço.

Lizi: Olha eu poderia pensar também... Mas a sacola fica evidente que funde porque você puxa a sacolinha e dá aquele visgo, né? [...] Vocês já viram as pessoas que pegam a garrafa PET e deixam o plástico bem mole, sem queimar. Aí moldam, formam um vaso, fazem outras coisas. Assim, se a gente for pensar em termos de tipos de plástico, sacola plástica e PET tá muito parecido. Então, é uma informação adicional. Não sei se alguém consegue pensar em outra coisa.

Uma licencianda disse algo sobre a queima do plástico da sacola (inaudível).

Lizi: Aí tá queimando, né? Eu tô pensando em um caso em que a sacola derreta.

Lizi agradeceu ao licenciando e convidou o representante do outro grupo para a apresentação da ideia do grupo.

Enquanto a licencianda se preparava para se apresentar, Lizi se dirigiu a Miguel:

Lizi: Miguel, se você pudesse ter outra informação, teria alguma coisa que você acha que te ajudaria a pensar ou ter mais convicção do seu modelo?

Miguel: Bem... eu acho que um experimento ajudaria.

Lizi: Pode ser, pode ser... um experimento ou dado?

Miguel: Então, se eu tivesse como verificar a composição de enxofre e plástico, antes e depois do experimento, de verificar a quantidade de enxofre antes e depois do experimento ...

Lizi: Você falou [na apresentação] a questão da densidade. A densidade é uma... vocês estão vendo pelo material, mas a gente tem que pensar que a sacolinha é bem fininha e a carcaça já é mais grossa...

Miguel: Isso! Nós saímos da estrutura para chegar numa possível ideia sobre a densidade.

Lizi: Mas aí o que você poderia fazer para ter certeza?

Miguel: Eu derreteria a sacola ...

Lizi: E fazer o quê?

Miguel: Eu poderia medir o volume.

Lizi acenava positivamente com a cabeça a cada afirmação de Miguel. Após essa discussão, a licencianda do outro grupo iniciou a explicação dos modelos.

Observação: Durante a discussão do modelo do segundo grupo, Lizi se referiu ao modelo apresentado por Miguel algumas vezes, relacionando-o ao modelo do grupo que apresentava:

Lizi: Eu não estou falando que o modelo do Miguel está errado. Não é isso. A questão é: eu perguntei a ele se, nesse caso, ele consideraria que quando derreteu tem reação química ou não e ele respondeu “não dá pra saber”, não é isso? [...] Diferente do modelo da Fernanda. E aí, no segundo modelo Fernanda, você considerou interação entre as duas cadeias. Então, por que quando aqueceu não derreteu... e queimou ao invés de derreter?

Lizi: A Fernanda acha que a estrutura chega a decompor antes de fundir. [...] Isso é possível! A gente tem compostos que, dependendo da pressão, não conseguem fundir porque eles já decompõem. Isso aí é possível. A gente tem exemplos disso na Química. A minha dúvida era essa, se, no seu modelo, você considerou isso ou não.

Lizi: Porque, se fosse pensar, eu aqueci, romperam as interações e aí, ela sairia no estado líquido. E o que a gente verificou, o que o Miguel enfatizou no modelo dele foi que tá formando um outro negócio lá, antes de a gente ver... aquele líquido preto escorrendo, saindo um monte de fumaça. E eu concordo com ele... isso é um bom indicativo de que tá tendo reação química. [...] Pode até ser formada uma coisa de cadeia menor [como a Aline falou], mas a gente não sabe o que é. Mas não vai ser aquele material plástico que a gente tinha antes. Ok, pessoal? E a carcaça, quando a gente esquenta, ela não derrete. Se a gente colocar fogo nela, ela queima mesmo. Mais alguma observação para a Fernanda? Eu acho que a gente fica então pensando nisso.

ANEXO**ROTEIRO DE ENSINO UTILIZADO PELA PROFESSORA****Questionário 1**

Nome: _____ Ano de entrada no curso: _____

Prezado graduando,

O questionário que você irá responder faz parte do desenvolvimento de um processo formativo da Residência Pedagógica e de uma pesquisa que será desenvolvida sobre formação de professores. O objetivo principal desse instrumento é identificar algumas de suas ideias prévias sobre temas que farão parte do curso, como modelos, construção de modelos e Ciência. Por isso, solicito que expresse suas ideias da forma mais completa e clara possível. Como o objetivo é identificar algumas de suas ideias sobre os temas, não existem respostas certas ou erradas.

Os dados coletados serão posteriormente analisados confidencialmente e em nenhum momento sua identificação será divulgada.

Desde já agradeço a colaboração.

Professora Lizi

1. Assim que você terminar de ler essa questão, marque 2 minutos e escreva abaixo todas as palavras e ideias que vêm à sua mente (mesmo que de forma desconexa) quando você pensa na expressão “modelos em Ciências”.
2. Na sua opinião, o que são modelos, no contexto das Ciências?
3. Na sua opinião, para que servem os modelos no contexto das Ciências?
4. Como você imagina que os modelos são elaborados por um cientista? Em outras palavras, o que o cientista tem que pensar e fazer para criar um modelo? Descreva passo a passo.
5. Como os modelos são avaliados na Ciência, isto é, quem e como se decide se um modelo é bom ou ruim?
6. Você acha que é importante um aluno aprender modelos tão antigos para o átomo, como os modelos propostos por Dalton e por Thomson? Justifique.
7. Você acha importante, no ensino de Química, que os estudantes aprendam sobre o processo de construção de modelos ou é mais importante focar no estudo do conteúdo desses modelos? Justifique.

8. Você se acha capaz de criar um modelo?
 - a. Em caso positivo, em qual contexto você acha que seria capaz de criar um modelo? Justifique.
 - b. Em caso negativo, descreva o que lhe impossibilitaria de criar um modelo.

9. Você acha que é possível alterar um modelo?
 - a. Em caso positivo, você se acha capaz de mudar algum modelo? Em qual contexto? Como você faria isso?
 - b. Em caso negativo, o que você acha que ocorre na Ciência quando se observa que um modelo não é capaz de explicar determinado fenômeno? O que ocorre com esse modelo?

10. Suponha uma situação em que dois cientistas, de países diferentes e trabalhando de forma independente, propuseram, ao mesmo tempo, rotas de síntese inéditas para explicar o mecanismo de uma reação química.
 - a. **Como** será decidido qual mecanismo será aceito cientificamente?
 - b. **Quem** irá decidir qual mecanismo será aceito?
 - c. **Quais os critérios** que serão usados para julgar qual é o melhor mecanismo?
 - d. Caso os dois mecanismos propostos não consigam explicar algum aspecto da reação química, algum deles deve ser escolhido? O que deve ser feito a partir dessa constatação?

11. Quando um modelo é criado em ciências, ele precisa ser comunicado a outros cientistas e para a comunidade em geral. Na sua opinião, como um cientista decide como um modelo será apresentado para outras pessoas? Quais critérios ele usa para tomar essa decisão?

12. Para você, o que caracteriza um conhecimento como científico?

13. Para que serve o conhecimento científico? Podemos utilizá-lo em nossa vida diária? Quando? Como?

14. Quais são suas dúvidas sobre os temas abordados nas questões deste questionário?

O que é ciência? – Alfabetização científica e os objetivos do ensino de ciências/química

Questões iniciais:

- *Por que o ensino de química é importante para a formação básica das pessoas?*
- *Quais conhecimentos devem ser ensinados em química na educação básica?*
- *Como deve ser feita a seleção de “o que ensinar” na disciplina Química?*

Leitura: Texto “Matriz de avaliação de Ciências” (p. 3-9), extraído do documento *PISA 2015 Science Framework*.

Questões para discussão:

- *Hoje, o que vocês pensam que é ciência? Quais são seus principais objetivos?*
- *O que distingue conhecimento científico de outros tipos de conhecimento?*

Atividade

1. Leia o texto a seguir:

“Um cientista recebeu uma carta de um colega alegando ter descoberto uma nova ciência chamada “guardachuvalogia”. Por 18 anos, este colega fez entrevistas de porta em porta questionando sobre: (i) o número de guarda-chuvas existentes na casa; (ii) seus tamanhos; (iii) seus pesos; (iv) suas cores. Os resultados deste estudo foram publicados em nove volumes. Ele elaborou hipóteses que foram testadas, levando à proposição de um grande número de teorias e leis, como, por exemplo, a Lei da Variação da Cor Relativa ao Sexo do Dono (guarda-chuvas de mulheres tendem a ter uma maior variedade de cores, enquanto os de homens são quase sempre pretos). A esta lei, foi também dada uma formulação estatística. O proponente da nova ciência destacava também o poder da guardachuvalogia para prever o dono do guarda-chuva, sua base empírica e estatística etc. Entretanto, o autor da carta tinha um amigo que não se convencia de que a guardachuvalogia era uma ciência e solicitava ajuda do cientista no sentido de uma tomada de posição.”

2. Responda as seguintes questões:

- A guardachuvalogia é uma ciência ou não?
- Por quê? OU O que a faz mais (ou menos) científica?

Atividade: Conhecimento cotidiano e conhecimento científico: o que caracteriza cada um?

Questão 1 Considere as seguintes questões:

- I. É errado manter golfinhos em cativeiro?
- II. A atmosfera da Terra está esquentando?
- III. Existe Deus?
- IV. Eu devo seguir os conselhos de meu horóscopo diário?
- V. Como os animais mudam ao longo do tempo?
- VI. Entender sobre ciência contribui para a aprendizagem de alunos do ensino médio?
- VII. Como aprendizagem de conteúdo e de habilidades se relacionam?
- VIII. Quem vai ganhar o campeonato brasileiro 2016?

Responda:

- Quais dessas questões são científicas?
- Quais dessas questões não são científicas?
- Quais dessas questões têm apenas partes relacionadas com a ciência?
- Algumas questões são mais científicas do que outras? Quais? Por quê?

Questões 2 Para discussão

- Quais aspectos da ciência podem contribuir para que estudantes desenvolvam uma visão ampla de ciências que os capacite a lidar com situações envolvendo ciências presentes em suas vidas?
- Como tais aspectos poderiam ser introduzidos no ensino de ciências nos distintos níveis de escolaridade?
- Como divulgar tal perspectiva de ensino entre professores e envolvê-los no planejamento e condução de processos de ensino coerentes com a mesma?

Questão 03

Abaixo são colocadas várias características que podem estar associadas ao conhecimento ou ao processo de produção desse conhecimento. Marque com um X, nas colunas à direita, se você acha que a característica corresponde ao **conhecimento científico (CC)** – ou ao seu processo de produção – ou se corresponde ao **conhecimento não-científico (CNC)** – ou ao seu processo de produção.

Você pode marcar uma mesma característica para ambos ou deixar de marcar para os dois.

Nº	Característica	CC	CNC
1	Influenciado pelo contexto social e político.		
2	Influenciado pela cultura.		
3	Pode envolver problemas éticos.		
4	Conhecimento provisório.		
5	Usa o poder de convencimento para mostrar o seu valor.		
6	Influenciado pela personalidade de quem o produz.		
7	Envolve conflitos.		
8	Precisa de criatividade para ser produzido.		
9	Pode ser produzido por motivações pessoais.		
10	Apresenta controvérsias.		
11	Influenciado pelo desenvolvimento tecnológico.		
12	Evolui ao longo do tempo.		
13	Influenciado por aspectos econômicos.		
14	Pode envolver rivalidades.		
15	Pode ser manipulado (alterado de acordo com interesses pessoais).		
16	Sua credibilidade depende de ele poder ser reprodutível.		
17	Usa a argumentação para convencer uma audiência.		
18	Apresenta falhas.		
19	Influenciado pela subjetividade de quem o produz.		
10	Foca em um ou poucos aspectos de um sistema e não no todo.		
21	Baseia-se em conhecimentos prévios produzidos por outros.		
22	Apresenta limitações.		
23	O convencimento da audiência depende apenas da qualidade do conhecimento produzido.		
24	Pode ser usado para subsidiar tomadas de decisões em nossa vida cotidiana.		
25	Garante que a informação veiculada é correta.		

Questão 4

Suas ideias sobre algum(alguns) desses aspectos mudaram em relação ao questionário inicial. Qual(quais)?

Compare suas respostas com o questionário inicial e justifique, caso tenha ocorrido, as diferenças de classificação de, pelo menos, três itens. Para cada um deles, indique o que você acha que contribuiu para a mudança de suas ideias.

Atividade: O papel das representações

Abaixo são apresentadas três formas de representação (I, II e III) de casa. Observe cada uma delas e responda as questões que se seguem.



Representação I



Representação II



Representação III

1. Explique o que cada representação consegue ou não explicar sobre a casa. **Justifique sua resposta.**
 Representação I
 Representação II
 Representação III
2. Todas as representações cumprem o objetivo de representar a casa da mesma maneira? **Por quê?**
 Representação I
 Representação II
 Representação III
3. Quais aspectos da casa as representações não levam em consideração?
 Representação I
 Representação II
 Representação III
4. Se você precisasse explicar como é esta casa para um amigo, qual representação utilizaria? **Por quê?**
5. Dê um exemplo de situação em que cada representação pode ser utilizada.
 Representação I
 Representação II
 Representação III

Atividade: O modelo do Suflair

1. Elaborar um modelo pode não ser uma tarefa simples. E, como em muitas situações, às vezes o processo é muito mais importante e/ou rico do que o resultado final. Por isso, independente de qual foi o modelo que você elaborou, solicitamos que você descreva minuciosamente os seus passos para propor uma solução para esse problema. Para isso, utilizando o quadro abaixo, descreva o que você fez (etapa por etapa) e apresente uma justificativa para cada uma dessas etapas. A seguir, numere a primeira coluna, indicando a ordem em que agiria. Coloque quantas etapas quiser. Se necessário acrescente linhas ao quadro.

Ordem	Etapas	Justificativas

2. Se você tivesse recursos laboratoriais/computacionais à sua disposição, você acredita que seu modelo seria diferente? Em que aspectos?
3. Que dificuldades você teve durante o processo? Como você lidou com elas?
4. Suponha que você fosse um aluno em um processo análogo, quer dizer, aprendendo sobre algo desconhecido e tendo que fazer um modelo para isso. O que você teria aprendido nessa atividade?
5. Após a realização desta atividade, que diferenças você percebe entre receber um modelo pronto e elaborar um modelo?

Atividade: Características de diferentes plásticos

Hoje teremos a oportunidade de estudar um pouco mais sobre os plásticos. Nosso objetivo é tentar explicar por que os plásticos apresentam comportamentos diferentes.

Você receberá dois objetos plásticos: uma sacolinha (como as disponibilizadas em supermercados) e um pedaço da carcaça de uma TV antiga. Você deverá tentar dobrar cada objeto. Porém, antes de realizar esse procedimento, faça uma previsão do que deve acontecer com cada um deles, e anote-as no Quadro 6.1.

Objetos	Previsões
Sacolinha	
Carcaça de TV	

1. Como você justifica suas previsões?

Tente dobrar cada um dos materiais. Anote suas observações no Quadro 6.2.

Objetos	Observações
Sacolinha	
Carcaça de TV	

2. Suas previsões se concretizaram? **Por quê?**

3. A sacolinha e a carcaça de TV tiveram o mesmo comportamento? **Por quê?**

Atividade: Tentando explicar as diferentes características de diferentes plásticos

Seu grupo receberá vários materiais (bolinhas de isopor, palitos de dente, massinha, lápis de cor etc.) que poderão ser usados para responder as questões a seguir:

1. Considerando o que você observou e respondeu na Atividade 6, elabore modelo(s) que explique(m), no nível submicroscópico, o que aconteceu com a sacolinha e a carcaça de TV **antes e após** a tentativa de dobrar cada material.
2. Independente do objeto utilizado para construir seu(s) modelo(s):
 - a. explique todas as características de seu modelo por escrito;
 - b. justifique o motivo de ter utilizado cada material selecionado.
3. Usando o(s) modelo(s) que seu grupo elaborou, você consegue explicar os comportamentos observados dos dois objetos (sacolinha e carcaça de TV)? **Em caso afirmativo, como? Em caso negativo, por quê?**
4. Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar os fenômenos observados no experimento?

Atividade: Testando modelos

Para a realização desta atividade, você observará os resultados de outro procedimento realizado com os objetos sacolinha e carcaça de TV: o aquecimento dos mesmos. Porém, **antes** de realizar esse procedimento, faça previsões sobre o que deve acontecer com cada um dos objetos, anotando-as no Quadro.

Objetos	Previsões
Sacolinha	
Carcaça de TV	

1. Seu modelo anterior explica as previsões registradas no acima? **Como?**

Considerando os perigos envolvidos no aquecimento de objetos em sala de aula, você assistirá um vídeo que exhibe um experimento no qual os materiais sacolinha e carcaça de TV são submetidos ao aquecimento. Anote suas observações no Quadro abaixo.

Objetos	Observações
Sacolinha	
Carcaça de TV	

2. As observações feitas após o experimento estão de acordo com as previsões do seu grupo?
3. O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? **Por quê?**

Em caso de resposta afirmativa à questão 3:

4. Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar o fenômeno observado?

Em caso de resposta negativa à questão 3, reformule o(s) modelo(s) de modo que ele(s) consiga(m) justificar as observações. Registre seu novo modelo e responda:

5. Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?
6. Convença os outros grupos de que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar o fenômeno observado.

Atividade: Utilizando o modelo em outro contexto

Seu grupo receberá um pedaço de pneu. Com ele, você deverá realizar os mesmos procedimentos realizados para a sacolinha e o pedaço de carcaça de TV. Dessa maneira, você deverá tentar dobrá-lo e observar o vídeo que exibe seu aquecimento. Porém, **antes** de realizar o procedimento e observar o experimento, faça previsões do que deve acontecer após a realização dos mesmos e anote-as no quadro.

Procedimento	Previsões
Tentativa de dobrar	
Aquecimento	

Quadro 1: Previsões relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.

1. O pneu terá comportamento mais parecido com o da sacolinha ou com o da carcaça de TV?
Por quê?

Agora tente-o dobrar e observe o vídeo do aquecimento do pedaço de pneu. Anote suas observações no quadro 2.

Procedimento	Observações
Tentativa de dobrar	
Aquecimento	

Quadro 2: Observações relacionadas à flexibilidade do pneu e ao seu comportamento após o aquecimento.

2. As observações feitas a partir do procedimento realizado e do experimento observado em vídeo estão de acordo com as previsões do seu grupo?
3. O(s) modelo(s) do seu grupo é(são) capaz(es) de explicar essas observações? **Por quê?**

Em caso de resposta afirmativa à questão 3:

4. Como você convenceria os outros grupos de que o modelo do seu grupo é mais adequado para explicar o fenômeno observado?

Em caso de resposta negativa à questão 3, reformule o(s) modelo(s) de forma que ele(s) possa(m) ser usado(s) para justificar as observações. Para isto, você pode utilizar quaisquer dos materiais disponibilizados (bolinhas de isopor, palitos de dente, massinha, lápis de cor etc.). Registre seu novo modelo e responda:

5. Como o(s) novo(s) modelo(s) é (são) capaz(es) de explicar essas observações?
6. Caso você tenha utilizado materiais diferentes, justifique sua nova opção.
7. Como você convenceria os outros grupos de que seu(s) novo(s) modelo(s) é(são) mais adequado(s) para explicar o fenômeno observado?