

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

ROLIÉN JOSÉ VIEIRA CIRILO

**CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DE ESTEQUIOMETRIA DE
PROFESSORES LICENCIADOS EM QUÍMICA DA REDE ESTADUAL DE
ALFENAS-MG**

ALFENAS/MG

2022

ROLIÉN JOSÉ VIEIRA CIRILO

**CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DE ESTEQUIOMETRIA DE
PROFESSORES LICENCIADOS EM QUÍMICA DA REDE ESTADUAL DE
ALFENAS-MG**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Química pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Educação em Química.
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Elaine Angelina Colagrande

ALFENAS/MG

2022

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Cirilo, Rolién José Vieira.

Conhecimento pedagógico do conteúdo de estequiometria de
professores licenciados em química da rede estadual de Alfenas-MG /
Rolién José Vieira Cirilo. - Alfenas, MG, 2022.

142 f. : il. -

Orientador(a): Elaine Angelina Colagrande.

Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Alfenas,
Alfenas, MG, 2022.

Bibliografia.

1. Estequiometria. 2. Conhecimento profissional. 3. TSPCK. 4.
Formação de professores de química. I. Colagrande, Elaine Angelina,
orient. II. Título.

ROLIÉN JOSÉ VIEIRA CIRILO**“CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DE ESTEQUIOMETRIA DE PROFESSORES LICENCIADOS EM QUÍMICA DA REDE ESTADUAL DE ALFENAS-MG”**

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Química pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Educação em Química.

Aprovado em: 08 de julho de 2022

Profa. Dra. Elaine Angelina Colagrande
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL

Profa. Dra. Nyuara Araújo da Silva Mesquita
Instituição: Universidade Federal de Goiás - UFG

Profa. Dra. Keila Bossolani Kiill - Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL



Documento assinado eletronicamente por **Elaine Angelina Colagrande, Professor do Magistério Superior**, em 08/07/2022, às 16:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Keila Bossolani Kiill, Professor do Magistério Superior**, em 08/07/2022, às 16:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **NYUARA ARAÚJO DA SILVA MESQUITA, Usuário Externo**, em 08/07/2022, às 16:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o Assinatura código verificador **0770050** e o código CRC **82E48B49**.

À minha mãe Maria Lúcia, minha esposa Tânis e meus filhos Gael, Anna e Raul.

AGRADECIMENTOS

“Agradeço à vida, que tem me dado tanto”. Assim começo a demonstrar gratidão pela trajetória construída ao longo desses vinte e sete meses de mestrado. A canção composta por Violeta Parra, interpretada pela indescritível voz de Mercedes Sosa me veio à mente antes mesmo que começasse a escrever. E a vida tem me dado tanto, em tantos momentos, que só é possível agradecer, humildemente, por todas as oportunidades. Primeiro, pela própria vida, por conseguir desenvolver esta pesquisa em meio a uma pandemia, sem precedentes, a qual desfez muitos sonhos e levou queridíssimos amigos de estrada, profissionais do ensino como a saudosa Stella Rogatti de Oliveira Caetano (*in memoriam*) e o saudoso Julimar dos Santos Lima (*in memoriam*), o Simidão Bahia, que além de educadores, também viviam da arte e da cultura, dividindo apresentações comigo ao longo da vida. Vivenciar a oportunidade de produzir uma pesquisa de mestrado, juntamente com as oportunidades de ser pai e esposo, exercer a profissão docente e, um pouco mais tarde, tornar-me diretor escolar, em meio a pandemia nesse período de 2020 a 2022 foi desafiador e gratificante. A adaptação das atividades acadêmicas no âmbito do mestrado no período de isolamento social marcou muito este percurso da pesquisa e, por ter conseguido êxito nessa oportunidade vivenciada, também tenho muito a agradecer.

Pude retornar à universidade pública, gratuita, cuja expansão possibilitou a inclusão da área de concentração “Educação em Química”, a qual esta dissertação se vincula. Sou imensamente grato aos meus professores do mestrado pelas grandiosas oportunidades de aprendizagem e de crescimento acadêmico que me fizeram vislumbrar a possibilidade de me tornar pesquisador, a entender a pesquisa científica como uma construção humana, que parte de inquietações e problemas reais de pesquisa que possam trazer soluções à sociedade em que vivemos. Nomeadamente, agradeço ao Prof. Dr. Mário Roberto Barro, à Prof^a. Dr^a. Keila Bossolani Kiill e, em especial, à Prof^a. Dr^a. Elaine Angelina Colagrande, minha orientadora, que são os docentes que lecionaram as disciplinas relacionadas à área de Educação em Química que cursei e que, diretamente, contribuíram para minha formação enquanto pesquisador.

Aos professores e professoras que aceitaram participar das bancas de qualificação e defesa de dissertação, Prof^a. Dr^a. Nyuara Araújo da Silva Mesquita, da Universidade Federal de Goiás, Prof. Dr. Sérgio Henrique Bezerra de Sousa Leal, da Universidade Federal do ABC, e os professores Prof^a. Dr^a. Keila Bossolani Kiill, Prof. Dr. Mário Roberto Barro, Prof^a. Dr^a.

Márcia Regina Cordeiro, e Prof^ª. Dr^ª. Vanessa Cristina Girotto Nery, da Universidade Federal de Alfenas. Em especial, agradeço às professoras Dr^ª. Nyuara e Dr^ª. Keila pelas valiosas contribuições quando da minha qualificação. Agradeço ao Grupo de Pesquisa em Educação Química (GPEQ), pelos estudos coletivos, pelas prévias de apresentação e pelas colaborações que se fizeram efetivas para este estudo.

Agradeço, de novo e insistentemente, a responsabilidade, seriedade, paciência e o incentivo da minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Elaine Angelina Colagrande, pelo respeito à minha autonomia enquanto pesquisador iniciante e mestrando em formação e por ter aceitado este desafio de nos construirmos ao longo desse estudo contínuo e formação permanente. É grandiosa a oportunidade de construir seu trabalho do início ao fim e, por isso, minha admiração e minha gratidão à Prof^ª. Dr^ª. Elaine nunca serão suficientemente expressadas em palavras. Agradeço pela compreensão, por receber meus filhos nas nossas reuniões remotas de orientação, por criar possibilidades e horários incomuns para me orientar depois do horário de trabalho e por acreditar na formação deste pesquisador que também é pai, esposo, professor, diretor e músico... obrigado por tudo!

Agradeço também à minha família, minha mãe Maria Lúcia Vieira Cirilo e meu pai Rolién Martins Cirilo por terem sido meu suporte de vida até hoje e pela graça de compartilhar com eles esse momento ainda em vida, minha esposa Tânis Jane Athena Pereira Thiers Vieira Cirilo, meus filhos Gael Thiers Vieira Cirilo, Anna Thiers Vieira Cirilo e Raul Thiers Vieira Cirilo por terem permanecido ao meu lado durante esta jornada, por compreenderem a necessidade das minhas ausências como pai e como esposo em tantos e valiosos momentos de nossa vida para que eu pudesse perseguir mais este objetivo. Minhas irmãs Rúbia e Vanessa, meus sobrinhos Marcela, Matheos e Valentina, meus cunhados Nayhara, Walter e Vívian, minha sogra Seila, por terem, de muitas formas, contribuído para que esta dissertação se tornasse realidade.

Agradeço, por fim, aos meus amigos, professores e professoras, o Prof. Dr. Luciano Sindra Virtuoso, a prof^ª. M^ª. Isabella Batista Silveira, a prof^ª Kíssila Valadares Souza, o prof. Matheus Paccini Pereira, a prof^ª Juliana Pereira, a prof^ª. Maria Inês Vieira Cruz, a prof^ª. Alice Carolina Rodrigues Alves Bastos e tantos outros companheiros e companheiras que fiz ao longo da vida e que, direta ou indiretamente, me colocam onde me encontro agora.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, apoio financeiro

da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UNIFAL-MG.

Those who can, do. Those who understand, teach.
(SHULMAN, 1986, p. 14)

RESUMO

A presente dissertação considera os resultados e discussões de uma pesquisa em nível de mestrado desenvolvida com o objetivo de investigar o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo Específico (TSPCK) de Estequiometria de professores de Química em exercício na educação básica das escolas públicas estaduais, que oferecem a modalidade Ensino Médio Regular em Alfenas-MG. Trata-se de uma pesquisa de caráter qualitativo, desenvolvida com quatro professores licenciados em Química, cuja coleta e triangulação dos dados foram desenvolvidas em quatro etapas: uma entrevista semiestruturada como primeira etapa; o preenchimento do instrumento CoRe como segunda etapa; uma segunda entrevista semiestruturada como terceira etapa; e a construção de PaP-eRs pelo pesquisador e validação pelos participantes como quarta e última etapa. O tratamento dos dados foi realizado por Análise do Conteúdo e utilizou-se de dez categorias constituídas *a priori*, considerando o referencial teórico, a saber: Conhecimento da Aprendizagem; Conhecimento de Estratégias Instrucionais; Conhecimento do Currículo; Conhecimento de Avaliação; Conhecimento do Conteúdo; Conhecimento dos Objetivos; Conhecimento dos Recursos; Conhecimento da Tecnologia; Conhecimento das Diversidades dos Estudantes; e Conhecimento do Contexto, e uma categoria que emergiu dos dados, *a posteriori*, denominada Conhecimento das Dificuldades dos Estudantes. Os resultados foram discutidos a partir de dois pontos principais: as manifestações dos componentes do conhecimento profissional de estequiometria, por meio de inferências sobre os processos de interpretação, síntese e especificação; e o conhecimento pedagógico do conteúdo de estequiometria dos participantes. Como conclusões, a sistematização e documentação das manifestações dos componentes do conhecimento profissional e do TSPCK de Estequiometria evidenciou o caráter idiossincrático do TSPCK de cada participante, bem como diferentes processos de associação (interpretação, especificação e/ou síntese) entre esses componentes. Além disso, acerca do componente “Conhecimento do Currículo”, explicitado pelos participantes, nossos resultados evidenciaram uma visão fragmentada dos objetivos de ensino a partir do conhecimento do currículo de estequiometria que, inclusive, no âmbito do estado de Minas Gerais não era, até então, explicitado no Conteúdo Básico Comum (CBC), diretriz curricular vigente até o início do ano letivo de 2021.

Palavras-chave: Estequiometria. Conhecimento profissional. TSPCK. Formação de professores de Química.

ABSTRACT

The present dissertation considers the results and discussion of a research at a Master's degree level developed with aim to investigate the Stoichiometry Pedagogical Content Knowledge of Chemistry teachers that teach in public schools on Alfenas's city, in the state of Minas Gerais. This is a qualitative study, conducted with four high school teachers, licensed in Chemistry, in which the data collection and triangulation occurred in four stages: a semi structured interview as first stage; the CoRe construction as a second stage; a second semi structured interview as a third stage; and the construction of the PaP-eRs by the researcher followed by the validation of this PaP-eRs by the participants as the fourth and last stage. The data treatment was done with Content Analysis and used ten constructed *a priori* categories, considering the theoretical framework, as follows: Knowledge of Student Learning; Knowledge of Instructional Strategies; Knowledge of Curriculum; Knowledge of Assessment; Knowledge of Resources; Content Knowledge; Knowledge of Goals; Knowledge of Technology; Knowledge of Student Diversity; and Knowledge of Context, and a category emerged from the data *a posteriori*, named Knowledge of Student's Difficulty. The results were discussed under two main lines: the Stoichiometry Professional Knowledge Component's manifestations, with inferences about the processes of interpretation, specification or synthesis; and the Stoichiometry Pedagogical Content Knowledge of the participants. As conclusions, a systematization and documentation of this manifestations and the Stoichiometry TSPCK evidenced the idiosyncratic character of TSPCK of each participant, as well as different processes of association (interpretation, synthesis and/or specification) between the professional knowledge components. Furthermore, about the "Knowledge of Curriculum" component, explicit by the participants, our results shows a fragmented view of the teaching objectives for Stoichiometry Knowledge of Curriculum which was not explicit even on Minas Gerais's guidelines, on Common Basic Content (CBC), with official use until beginning of 2021st.

Keywords: Stoichiometry. Professional Knowledge. TSPCK. Chemistry Teacher Training.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação (MRPA) proposto por Shulman em 1986 e adaptado por Fernandez (2015).	24
Figura 2 - Modelo Consensual da Cúpula do PCK.	25
Figura 3 - Modelo Consensual Refinado (MCR).	26
Figura 4 - Modelo de trabalho proposto por Azam (2019).....	28
Figura 5 - Número de publicações contendo o termo “Topic-specific PCK” por ano, a partir de 2005 a 2020.....	45
Figura 6 - Número de publicações por países e parcerias internacionais entre países no período de 2005 a 2020.....	46
Figura 7 - Relações entre a Representação de Conteúdo e as bases de conhecimento profissional de Azam (2019).	49
Figura 8 - Excertos da transcrição da primeira entrevista semiestruturada dos participantes, com relação à previsão do conteúdo de estequiometria no CBC.....	52
Figura 9 - Respostas dos participantes acerca do motivo de ensinar estequiometria na segunda série do Ensino Médio.	56
Figura 10 - Respostas dos participantes acerca da importância do ensino de estequiometria no Ensino Médio.....	57
Figura 11 - Excertos da primeira entrevista sobre as manifestações do Conhecimento de Recursos.....	61
Figura 12 - Excertos da segunda entrevista semiestruturada relacionados ao conhecimento de recursos.	62
Figura 13 - Excerto sobre o conhecimento de recursos por parte de P2.	63
Figura 14 - Excertos relacionados ao Conhecimento dos Contextos.	67
Figura 15 - Excertos da segunda entrevista semiestruturada relacionada ao conhecimento dos contextos.....	70
Figura 16 - Manifestações dos participantes acerca do Entendimento Conceitual do Tópico de Estequiometria.	72
Figura 17 - Excertos das manifestações do Conhecimento das dificuldades dos estudantes...	75
Figura 18 - Excertos das manifestações do Conhecimento das dificuldades dos estudantes na segunda entrevista semiestruturada.	77
Figura 19 - Excertos das manifestações do Conhecimento da aprendizagem dos estudantes..	79

Figura 20 - Excertos de P1 a P4 sobre o Conhecimento de Avaliação.	81
Figura 21 - Respostas de P1 a P4 sobre as melhores formas de se avaliar a aprendizagem dos estudantes em estequiometria.	83
Figura 22 - Respostas de P1 a P4 acerca do conhecimento da diversidade dos estudantes.	84
Figura 23 - Manifestações dos participantes acerca do Conhecimento de Tecnologia para o ensino de estequiometria.	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Breve descrição de Azam (2019) sobre bases do conhecimento profissional e os componentes do conhecimento profissional de um tópico específico (TSPKC)...	29
Quadro 2 - Processos possíveis de integração do TSPK, pela ligação entre o Conhecimento do Conteúdo e cada uma das outras bases de conhecimento.....	29
Quadro 3 - Relações de tópicos específicos e disciplinas encontradas nas publicações analisadas.	47
Quadro 4 - Competências, habilidades e unidades temáticas previstas no CRMG que apresentam como objeto de conhecimento o conteúdo de estequiometria.....	51
Quadro 5 - O conteúdo de cálculo estequiométrico nas obras aprovadas no PNLD 2018.	54
Quadro 6 - Componentes do TSPCK de estequiometria mais evidentes para cada participante da pesquisa.	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBC	Conteúdo Básico Comum
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CK	Conhecimento do Conteúdo
CoRe	Representação de Conteúdo
cPCK	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo coletivo
CRMG	Currículo Referência de Minas Gerais
CRO	Campo de Recontextualização Oficial
CRP	Campo de Recontextualização Pedagógica
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
ePCK	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo em ação
ERIC	Centro de Informação de Recursos Educacionais
EUA	Estados Unidos da América
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MRPA	Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação
PaP-eR	Repertório de experiência Pedagógica e Profissional
PCK	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo
PCKC	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de Química
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PET	Plano de Estudos Tutorados
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PK	Conhecimento Pedagógico Geral
pPCK	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo pessoal
SEE	Secretaria de Estado de Educação
REANP	Regime de Atividades Não-Presenciais
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TSPKC	Componente do Conhecimento Profissional do Tópico Específico
TSPCK	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de um Tópico Específico

PRIMEIRAS PALAVRAS...

Ser professor foi uma meta e escolha de vida para mim, feita ainda no último ano de conclusão da educação básica, aos 17 anos. Ainda não havia uma ligação profunda com o campo disciplinar da química, mas me descobri capaz de ser professor na primeira oportunidade de experimentar a docência ali mesmo, no Ensino Médio, ao aplicar uma atividade de Química para estudantes do 1º ano, mesmo cursando o 3º ano. Isso bastou para restar determinada a minha vontade em cursar a licenciatura em Química.

Minha maior expectativa, enquanto graduando, era tornar-me professor de Química, enquanto percebia outros colegas transitando entre a licenciatura e o bacharelado do curso de Química da universidade, mais no sentido de usar a aprovação no vestibular para o curso de licenciatura como ponte para, posteriormente, iniciar o curso do bacharelado do que o contrário. Firmei-me no curso de licenciatura e me dediquei à profissionalização do “ser professor” o quanto pude, participando do Programa de Iniciação à Docência (PIBID) e de Seminários e Encontros diversos que tinham relação ou com a Química ou com o Ensino de Química.

Saí da universidade, finalmente, professor. Já no exercício da docência na educação básica me deparei com alguns obstáculos formativos que confrontaram a efetividade da minha prática docente em sala de aula e o sucesso – ou fracasso escolar – dos meus estudantes. Uma especialização não seria suficiente para superar estes obstáculos. Tentei me afastar desta formação inicial – na tentativa de cursar outra graduação ou até mesmo na realização de um mestrado em uma das áreas de base da Química – mas, sem sucesso.

Como conciliar a satisfação de lecionar em meio a tantos desafios impostos pelo contexto da sala de aula e o contexto dos próprios estudantes e suas motivações para (não) estudar Química? Como superar estes desafios impostos por tais obstáculos formativos? De que forma poderia, eu, dentro do exercício da docência, transformar realidades outras dentro do público estudantil para o qual lecionava?

As respostas para estas questões me fizeram voltar à universidade, no propósito de aprofundar meus conhecimentos acerca do Ensino da Química, mas, encontrei mais. Encontrei a liberdade de me tornar um pesquisador a partir da construção da minha própria questão de pesquisa com o apoio imensurável de uma orientadora que mal conhecia. Liberdade, esta, de buscar respostas, existentes ou não na literatura científica, para os meus problemas de sala de aula. Liberdade que me deu sentido à importância da pesquisa

acadêmica na construção de um futuro melhor para mim e para outros. Encontrei o construto do PCK de Shulman (1987) e pude, imediatamente, relacionar com minhas lacunas formativas: faltava liga. Faltava compreender sobre o processo de tornar um conhecimento científico escolarizado compreensível para os estudantes. Agora, não falta mais... Agora, sobram expectativas acerca da profissionalização docente em Química. Sobra-me a esperança de contribuir para o desenvolvimento de tantas mentes outrora descontentes com sua própria prática e em busca de orientações que possam mostrar os caminhos possíveis.

E é com esta mesma motivação que me deparo com a construção desta dissertação: a motivação que envolve o valor profissional de um professor que carrega consigo seus dilemas e inquietações, suas incompletudes e sucessos, que fazem de sua trajetória e experiência docente uma fonte inesgotável de aperfeiçoamento permanente.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	OBJETIVOS E QUESTÃO DE PESQUISA.....	22
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
2.3	QUESTÃO DE PESQUISA.....	22
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
3.1	A PROFISSIONALIZAÇÃO DO PROFESSOR E O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO.....	23
3.2	O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DO TÓPICO ESPECÍFICO (TSPCK).....	26
3.3	A SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DE ESTEQUIOMETRIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	30
4	DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	37
4.1	CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	37
4.2	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	38
4.2.1	Revisão de literatura: etapa 1.....	38
4.2.2	Entrevista semiestruturada: etapa 2 e etapa 4.....	39
4.2.3	Representação de Conteúdo (CoRe) – etapa 3.....	40
4.2.4	Repertório de experiência Profissional e Pedagógica (PaP-eR) – etapa 5.....	41
4.3	ANÁLISE DE DADOS.....	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1	CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DO TÓPICO ESPECÍFICO: UMA BREVE REVISÃO.....	45
5.2	O CONHECIMENTO PROFISSIONAL DE ESTEQUIOMETRIA DOS PARTICIPANTES.....	48
5.2.1	Conhecimento do currículo.....	49

5.2.2	Conhecimento dos objetivos.....	57
5.2.3	Conhecimento de recursos.....	60
5.2.4	Conhecimento de estratégias instrucionais.....	64
5.2.5	Conhecimento dos contextos.....	66
5.2.6	Conhecimento do conteúdo.....	71
5.2.7	Conhecimento das dificuldades dos estudantes.....	74
5.2.8	Conhecimento da aprendizagem dos estudantes.....	77
5.2.9	Conhecimento de avaliação.....	80
5.2.10	Conhecimento da diversidade dos estudantes.....	83
5.2.11	Conhecimento de tecnologia.....	85
5.3	O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DO TÓPICO ESTEQUIOMETRIA DOCUMENTADO NOS PaP-eRs.....	87
5.3.1	O TSPCK de Estequiometria de P1.....	89
5.3.2	O TSPCK de Estequiometria de P2.....	90
5.3.3	O TSPCK de Estequiometria de P3.....	92
5.3.4	O TSPCK de Estequiometria de P4.....	94
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
7	CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO.....	100
	REFERÊNCIAS.....	102
	APÊNDICES.....	109
	ANEXO.....	142

1 INTRODUÇÃO

A valorização da profissão docente carrega consigo a necessidade de reconhecimento da formação profissional específica e as características de ser professor. Esta é uma temática que vem sendo discutida a partir de importantes contribuições presentes na literatura científica. Shulman (1986), ao citar George Bernard Shaw, por sua frase infame “Aquele que pode, faz. Aquele que não pode, ensina.” entendeu-a como um insulto para a profissão docente, no sentido de desvalorizá-la enquanto profissão. Ainda que a expressão pudesse ser repetida e aceita até por alguns professores, Shulman defendeu um novo olhar para a docência e a formação para o exercício da docência, em que ele nomeia “o paradigma perdido”, que se encontra na interface entre o domínio do conteúdo e o domínio do conhecimento pedagógico geral e finaliza por rejeitar a afirmação de Shaw, reformulando-a como “Aquele que pode, faz. Aquele que entende, ensina”.

Da mesma forma, após mais de uma década, Maldaner (1999), ao debater sobre a formação de professores de Química, caracteriza a continuidade do desenvolvimento do “ser professor” – que se inicia a partir do contato inicial do indivíduo com tal profissional docente – e do “ser professor de Química”, a partir do contato com este profissional no seu processo de escolarização básica. O autor pontua que tal formação ambiental do sujeito acerca do “ser professor de Química” pode ser determinante para a sua escolha ou pela certeza absoluta de não querer sê-lo. Maldaner (1999) defende que apenas esta formação ambiental, baseada na vivência do indivíduo, cria uma ideia demasiado restrita acerca da profissão docente, em que basta saber bem o conteúdo para poder ser professor. Das ideias geradas a partir da reprodução de um modelo, como “eu aprendi assim, por que haveria de ser diferente com o meu aluno?” e a noção de que qualquer um possa dar aulas, o autor ressalta a importância da formação do profissional docente ocorrer a partir de uma perspectiva que permita “uma preparação específica para a produção da própria atividade profissional” (MALDANER, 1999, p. 289-290).

E, no contexto da formação de professores, podemos citar, ainda, a necessidade de se debater a formação de professores formadores, ou seja, aqueles docentes que atuam no ensino superior, especificamente em cursos de licenciaturas. Arroio *et al.* (2006), ao tratar da formação do pós-graduando em Química para a docência em nível superior, consideram a deficiência do rigor pedagógico na atuação dos docentes deste nível, afirmando, também, que:

Em conjunto ao domínio do conhecimento específico de sua área, é primordial, também, que o professor do ensino superior tenha profunda competência pedagógica como sendo um requisito importante para trabalhar a formação de seus alunos. (ARROIO *et al.*, 2006, p. 1387)

Os autores ainda trazem concepções importantes acerca da docência no ensino superior ocorrer, em muitos casos, a partir de uma vivência “informal sem a devida apropriação de saberes didático-pedagógicos”, culminando na insatisfação do profissional docente e na insegurança metodológica de sua atividade em sala de aula. Reconhecem, a partir disso, a necessidade de uma formação profissional específica para a profissão docente, como ocorre com tantas outras profissões (ARROIO *et al.*, 2006, p. 1388).

Um construto elaborado com essa finalidade – de trazer sistematização e propor uma base de conhecimentos profissionais inerentes ao profissional docente – foi proposto por Lee S. Shulman em 1987: o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Shulman (1987) propôs uma base de conhecimentos profissionais para a formação de professores a partir de uma visão de ensino, em que:

O professor sabe algo não entendido por outros, presumidamente os estudantes. O professor pode transformar entendimentos, habilidades de desempenho ou atitudes e valores desejados em representações e ações pedagógicas. Estas são maneiras de falar, mostrar, representar e outras ideias representativas para que o desconhecido possa ser conhecido, aqueles que não entendem possam compreender e discernir, e que o inapto torne-se habilidoso. (SHULMAN, 1987, p. 7, tradução nossa)

Tal base de conhecimentos contempla: o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico geral, o conhecimento do currículo, o conhecimento pedagógico do conteúdo, o conhecimento dos estudantes e de suas características, o conhecimento dos contextos educacionais e o conhecimento das finalidades educacionais, propósitos e valores e seus fundamentos históricos e filosóficos. Dentre eles, o autor caracteriza o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK, do inglês *Pedagogical Content Knowledge*) como “amalgama especial entre o conteúdo e a pedagogia que é de domínio único dos professores; a forma especial de conhecimento profissional própria do profissional docente” (Shulman, 1987 p. 8, tradução nossa). Para Shulman, o PCK:

Representa a mistura de conteúdo e pedagogia no entendimento de como *tópicos específicos*, problemas ou assuntos são organizados, representados e adaptados para os diversos interesses e habilidades dos estudantes para ser apresentado para instrução. (SHULMAN, 1987, p. 8, tradução nossa, *grifo nosso*).

A partir do construto proposto por Shulman, podemos relacionar ideias apresentadas por Maldaner (1999) e Arroio *et al.* (2006), no sentido de entender a importância da formação de professores de Química na perspectiva de professores formadores deste campo de

conhecimento. Entendemos, aqui, que apenas o profissional docente em química consegue relacionar efetivamente o conhecimento pedagógico geral e o conhecimento do conteúdo, no exercício da *pedagogização*¹ – e, aqui nos reportamos ao termo e às discussões trazidas por Basil Bernstein (2003) – do conhecimento químico de forma adequada para torná-lo compreensível para os estudantes desta ciência.

A valorização profissional do professor, portanto e na perspectiva da discussão iniciada nesta introdução, pode ser possível quando da percepção de uma base de conhecimentos profissionais que o caracterizam como docente, assim como existe uma base de conhecimentos profissionais que fazem de um médico, um profissional da medicina e uma base de conhecimentos profissionais que fazem de um engenheiro, um profissional da engenharia, por exemplo. O reconhecimento dessa base de conhecimentos profissionais e, consigo, da própria profissionalização docente, é imprescindível para que se possa refletir e debater com solidez sobre a necessidade de uma estrutura local de trabalho, remuneração, planos de carreira e reconhecimento social adequado a estes profissionais.

Neste estudo, merece especial atenção a relação do PCK com um tópico específico, como visto anteriormente em grifo nosso, pela literalidade de Shulman e outros pesquisadores, como, por exemplo, Magnusson *et al.* (1999) e Abell (2008) e investigada em um estudo desenvolvido por Veal e MacKinster (1999), culminando em uma proposição de um quadro teórico denominado Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de um Tópico Específico (TSPCK, do inglês *Topic Specific Pedagogical Content Knowledge*). Utilizamos deste quadro teórico para desenvolver os estudos da presente dissertação acerca do conteúdo de estequiometria, especificamente.

Neste sentido, apresentamos a questão que orientou a presente pesquisa e os objetivos perseguidos no Capítulo 2 desta dissertação. Discussões fundamentadas acerca da profissionalização do professor e sua relação com o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo são apresentadas no Capítulo 3, que conta ainda com a apresentação do modelo de trabalho de TSPCK utilizado como referencial teórico, para o tópico estequiometria e possíveis implicações para o ensino deste conteúdo no âmbito da educação básica. No Capítulo 4,

¹ Segundo B. Bernstein (2003), o exercício da pedagogização acontece no âmbito da recontextualização – oficial ou pedagógica – a partir do campo da produção acadêmica e, nunca de forma inocente, mas no sentido de reproduzir o interesse de determinadas classes. Nossa problematização aqui está na condição em que um professor formador se encontra ao ensinar Química e ao ensinar a “ensinar Química”, no âmbito da formação de professores e profissionalização docente nesta área de conhecimento, ou seja, o profissional docente em química, como professor formador, detém a capacidade técnica de estabelecer e desenvolver relações entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico geral, além da legitimidade política, carregada da intencionalidade de reproduzir (ou não) o interesse de determinadas classes.

exibimos o delineamento metodológico adotado para o desenvolvimento da pesquisa e, no Capítulo 5, os resultados e discussões acerca da pesquisa realizada. Ao final do documento, nos Capítulos 6 e 7, expomos nossas Considerações Finais e Contribuições para o Ensino e, em seguida, as Referências, Apêndices e Anexo utilizados no desenvolvimento deste estudo.

2 OBJETIVOS E QUESTÃO DE PESQUISA

2.1 OBJETIVO GERAL

A proposta do presente estudo foi investigar o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo Específico (TSPCK) de Estequiometria dos professores de Química em exercício na educação básica das escolas públicas estaduais que oferecem a modalidade Ensino Médio Regular no município de Alfenas-MG.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, buscou-se:

- a) sistematizar o TSPCK do tópico Estequiometria dos professores participantes da pesquisa;
- b) caracterizar as transformações e adequações que os professores realizam sobre o conhecimento específico a fim de torná-las acessíveis para os estudantes, sem descaracterizar a base do conceito científico a ser ensinado, na perspectiva das mobilizações entre as bases de conhecimento profissional;
- c) compreender a relação entre o método avaliativo e a metodologia utilizada pelo professor em sala de aula sobre o tópico estequiometria;
- d) compreender a relação entre o desenvolvimento do PCK dos professores e a articulação entre as bases do conhecimento propostas no modelo de TSPCK;
- e) identificar a relação entre o desenvolvimento do TSPCK e o tempo de docência desses profissionais.

2.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Baseando-nos nesses objetivos, bem como na pesquisa desenvolvida por Makchane e Qhobela (2019), buscamos responder à seguinte questão de investigação: “como os professores de Química participantes da pesquisa mobilizam suas bases de conhecimento profissional para transformar e adequar os conceitos do conteúdo de estequiometria ao ensiná-los?”.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A PROFISSIONALIZAÇÃO DO PROFESSOR E O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO

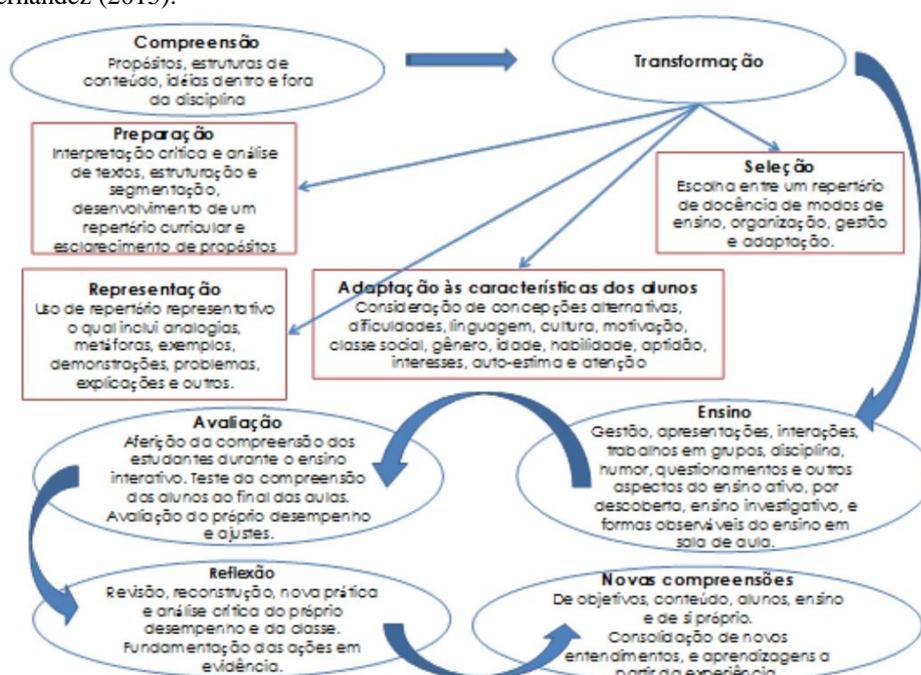
O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo é um construto proposto por Lee S. Shulman, em 1986, que desencadeou uma série de debates acerca da profissionalização dos professores desde então. Inicialmente, Shulman (1986) utiliza-se criticamente da afirmação de Shaw, citada na introdução desta dissertação, para pontuar a transformação das competências dos professores ao longo dos anos. Ao questionar “onde foi parar o assunto? o que houve com o conteúdo?”, Shulman reflete que o conteúdo, ao longo dos anos, deixou de fazer parte do campo de visão das pesquisas sobre a docência, o que o autor passa a denominar de “paradigma perdido” (SHULMAN, 1986, p. 5, tradução nossa). Nesta visão, Shulman passa a defender um modelo de conhecimento de professores que considere a essencialidade de uma base de conhecimentos profissionais a partir do conteúdo.

É nesse contexto que o pesquisador norte-americano insere o PCK em um dos três campos do conhecimento do conteúdo, atribuindo que, para os tópicos mais ensinados de uma disciplina, o PCK inclui “as formas de representação mais úteis para uma ideia, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações” (SHULMAN, 1986, p. 9, tradução nossa). Ou seja, inicialmente, Shulman (1986) entende que o PCK é uma categoria específica do Conhecimento do Conteúdo, no sentido de atribuir maior evidência ao paradigma perdido, às formas de tornar o conteúdo mais compreensível para o público estudantil.

Pouco tempo depois, Shulman (1987) revê este entendimento inicial caracterizando o PCK como “um amálgama especial entre conteúdo e pedagogia que é de competência exclusiva dos professores, sua forma própria e especial de conhecimento profissional” (SHULMAN, 1987 p. 8, tradução nossa). A partir dessa definição, é possível entender o PCK como uma “liga” formada pelo Conhecimento do Conteúdo (CK, do inglês *Content Knowledge*) e o Conhecimento Pedagógico Geral (PK, do inglês *Pedagogical Knowledge*). Importante ressaltar que, na perspectiva apresentada por Shulman (1987), tanto o PCK quanto o CK e o PK constituem-se enquanto categorias independentes da Base de Conhecimentos Profissionais proposta por Shulman em seu artigo. No mesmo estudo, o autor propõe o Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação (MRPA) que parte da compreensão, na perspectiva

do professor, em direção a uma nova compreensão, de acordo com algumas etapas que podem ou não ocorrer seguindo-se a ordem proposta pelo modelo, apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo de Raciocínio Pedagógico e Ação (MRPA) proposto por Shulman em 1986 e adaptado por Fernandez (2015).



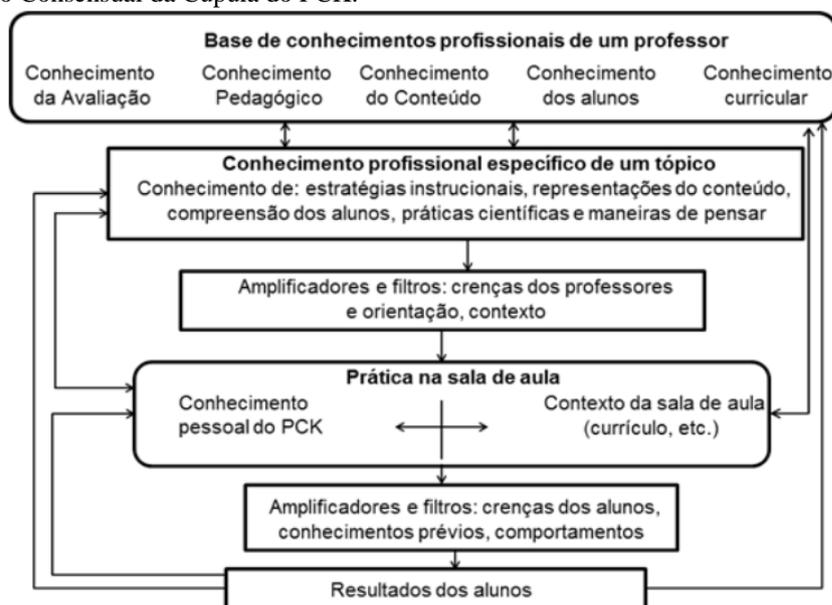
Fonte: Fernandez (2015, p. 519).

De acordo com a representação, o MRPA inicia-se sempre a partir da compreensão sobre um tópico e esse movimento pedagógico no exercício na docência necessariamente resulta em uma nova compreensão, seja ela do próprio conteúdo, ou dos objetivos, ou da aprendizagem dos estudantes etc. Como dito, as etapas previstas nesse modelo (compreensão, transformação, ensino, avaliação, reflexão, nova compreensão) – de acordo com Shulman – não precisam ocorrer sucessivamente, o que sugere um percurso pedagógico que pode acontecer através de alguns ou todos os processos presentes na Figura 1.

A discussão do PCK a partir das elaborações iniciais de Shulman provocou o surgimento de novos modelos e bases de conhecimento profissional para os professores. Grossman (1990), orientada de Shulman, propõe outro modelo e base de conhecimentos para o PCK, por exemplo. Fernandez (2015) realiza uma sistematização de vários modelos e bases de conhecimento propostas a partir das ideias iniciais de Shulman, direcionadas ao PCK de professores de Ciências, compreendendo até o Modelo da Cúpula do PCK, modelo este conhecido como Modelo Consensual (MC), criado a partir de um encontro de vários grupos de pesquisa de PCK em Ciências em 2012.

O MC, presente na Figura 2, assenta a natureza de tópico específico entre os grupos de pesquisa envolvidos em sua construção, além de explicitar duas importantes dimensões do PCK: o PCK pessoal e o PCK coletivo, que inclusive seriam reconhecidos com estes termos próprios após determinado tempo da construção do primeiro modelo.

Figura 2 - Modelo Consensual da Cúpula do PCK.

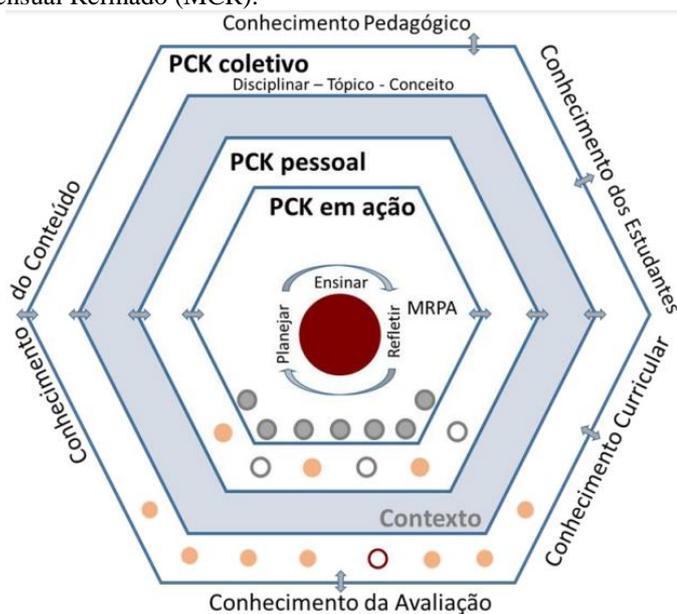


Fonte: Fernandez (2015, p. 516).

Para além da sistematização de Fernandez (2015) há, ainda: o Modelo Consensual Refinado – MCR, constante da Figura 3, para o ensino de Ciências, que revisita o Modelo de Cúpula reconhecendo e assentando três aspectos do PCK: o PCK coletivo (cPCK), o pessoal (pPCK) e o PCK em ação (ePCK) (CARLSON; DAEHLER, 2019); e o modelo de Azam (2019), adotado como referencial teórico da pesquisa relatada nesta dissertação.

Importante ressaltar que o MCR parte do desenvolvimento do ePCK do professor (representado pelo círculo na cor vinho) a partir do MRPA, citado anteriormente e, influencia e é influenciado pelos outros aspectos do PCK, pelo contexto e, ainda, por diversos outros atores do processo (círculos outros presentes na figura) a partir de determinadas bases do conhecimento profissional. Além disso, consideramos enfatizar as três dimensões presentes neste modelo: de natureza específica disciplinar, do tópico ou, ainda, do conceito.

Figura 3 - Modelo Consensual Refinado (MCR).



Fonte: Silva e Fernandez (2021, p. 5)

Mais recentemente, Pena e Mesquita (2020) propõe o PCKC (do inglês *Pedagogy Content Knowledge Chemistry*), um modelo e base de conhecimentos específicos para professores de Química. Inferimos, em um estudo recente, sobre a tendência do tratamento do constructo ser considerado cada vez mais específico, relacionado ao campo disciplinar de formação dos professores e a tópicos de conteúdos específicos, reencontrando-se com as concepções iniciais de Shulman numa visão ampliada (CIRILO; COLAGRANDE, 2021).

Nesta perspectiva, abordaremos no tópico a seguir a caracterização da natureza de tópico-específico atribuída ao constructo do PCK, para fundamentar a pesquisa realizada e relatada neste trabalho sobre o tema estequiometria.

3.2 O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DO TÓPICO ESPECÍFICO (TSPCK)

Ao conceituar o construto no tópico anterior, pontuamos a questão relacionada ao conteúdo nas concepções iniciais de Lee S. Shulman. Isso se faz importante para entendermos a natureza de tópico-específico atribuída ao construto. Shulman (1986) entende o PCK como uma categoria do Conhecimento do Conteúdo, na tentativa de resgatar tal paradigma perdido e, mais tarde, Shulman (1987), ao conceber o PCK enquanto um conhecimento único de professores que se revela a partir da liga formada entre conteúdo e pedagogia, ainda assim conserva sua relação e relevância com o conteúdo.

Hashweh (2005), ao reclamar a identificação inicial do PCK (Hashweh 1985 *apud* Hashweh 2005), afirma a importância da natureza da especificidade do tópico, ora descaracterizada ou ignorada por alguns pesquisadores, propondo uma reconfiguração do PCK. Ressaltamos, a partir deste estudo, o reconhecimento de Hashweh (2005) de que alguns estudos sobre o PCK culminaram pelo distanciamento do proposto inicialmente por Shulman, afunilando-se em conhecimento e crenças gerais de professores, o que, de um lado apresentado pelo autor, não se configuraria em Conhecimento Pedagógico *do Conteúdo* (grifo nosso).

Com essa problematização, podemos reforçar a ideia de especificidade de tópicos e do próprio conteúdo para o construto do PCK: um conhecimento pedagógico que se relaciona intimamente com o conteúdo a partir do desenvolvimento profissional do professor. Resgatamos Shulman ao ponderar sobre a importância do conteúdo para a formação profissional do professor, para além do conhecimento pedagógico - que pode ser considerado na perspectiva da categoria do conhecimento pedagógico geral, como inicialmente proposto por Shulman (1987), ou então categorizado em diferentes classificações, como estudos posteriores sugerem.

Sendo assim, e a partir das leituras realizadas a respeito de diversas proposições e modelos de TSPCK, optamos por utilizar como referencial teórico nesta dissertação o modelo de Azam (2019). A autora faz uma crítica a modelos de PCK e TSPCK que limitam os componentes do PCK – componentes ou categorias da base de conhecimentos – indicando que a limitação destes componentes ou categorias pode acabar suprimindo interações relevantes que possam contribuir para o entendimento do construto. Azam argumenta, ainda, sobre a importância de se entender todos os componentes do PCK de professores de Ciências como forma de explorar como estes componentes de conhecimento individual são organizados no TSPCK desses professores, podendo contribuir para o entendimento do construto do TSPCK.

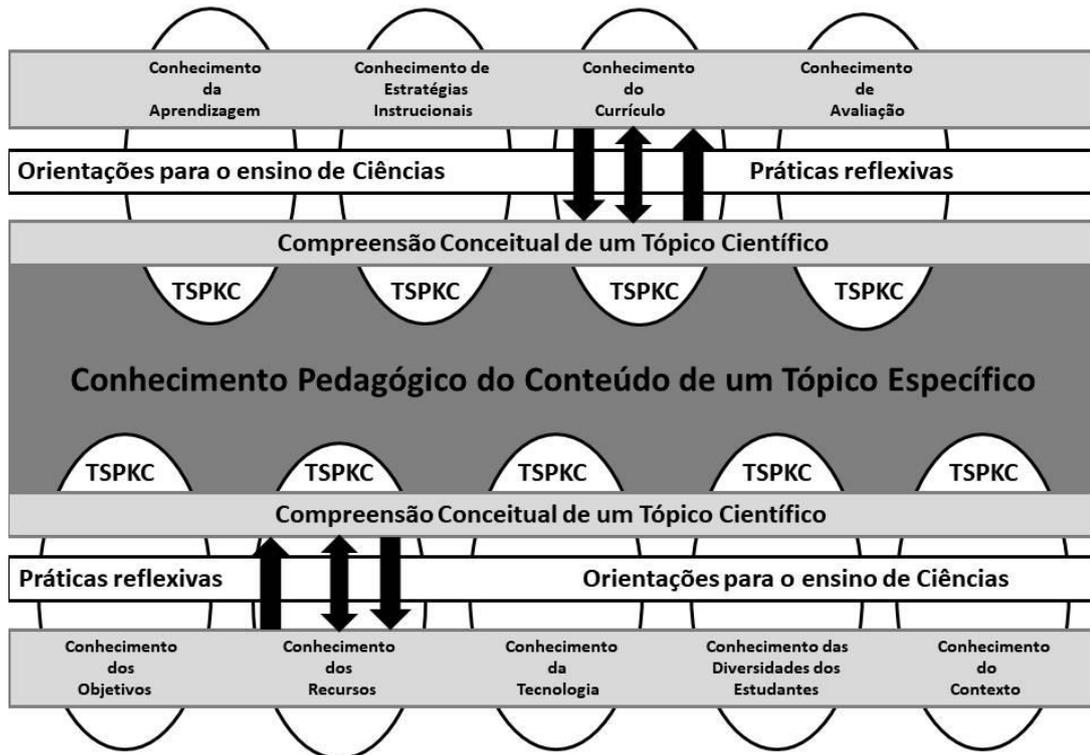
De acordo com Azam:

O entendimento conceitual de um professor sobre um tópico de ciências, que emerge do seu CK, junta-se com cada um dos nove conhecimentos da base dos professores usando um dos três processos (síntese, interpretação ou especificação) e dá origem a um Componente do Conhecimento Profissional do Tópico Específico (TSPKC) representado nas nove ovas. (AZAM, 2019, p. 287, tradução e adaptação nossa)

O modelo de trabalho proposto por Azam (2019), mostrado na Figura 4, é constituído de dez bases de conhecimento profissional, das quais nove delas estão representadas em cinza

escuro nos retângulos superior e inferior, sobre as ovas que se constituem dos componentes do conhecimento profissional do tópico específico, denominados TSPKC (do inglês *Topic-Specific Professional Knowledge Component*). A décima base, Conhecimento do Conteúdo (CK) ou “compreensão conceitual do tópico”, está localizada nos retângulos cinza escuros mais ao centro da figura.

Figura 4 - Modelo de trabalho proposto por Azam (2019).



Fonte: Azam (2019), p. 287, tradução e adaptação nossa.

Dessa forma, segundo a autora, as Orientações para o Ensino e as Práticas Reflexivas, indicadas nos retângulos de fundo branco, têm a função de dar forma ao TSPKC relacionado ao ensino e aprendizagem do tópico e, são esses TSPKC que constituem o TSPCK – pessoal – de um professor de Ciências. Cada componente é brevemente descrito no Quadro 1, que traduzimos do trabalho de Azam (2019). Importante diferenciar que as “Orientações para o ensino de Ciências”, presentes no modelo de Azam (2019) não se confundem com diretrizes oficiais relacionadas ao ensino, ou seja, tais orientações se constituem enquanto campo diverso do Conhecimento do Currículo, que é um dos conhecimentos de base que dá origem a um Componente do Conhecimento Profissional do Tópico Específico (TSPKC).

Quadro 1 - Breve descrição de Azam (2019) sobre bases do conhecimento profissional e os componentes do conhecimento profissional de um tópico específico (TSPKC).

Bases do Conhecimento Profissional	CK	TSPKC	Breve descrição
Conhecimento da aprendizagem dos estudantes		TSPK da Aprendizagem dos Estudantes	Visões e entendimentos das ideias alternativas dos estudantes sobre um tópico específico.
Conhecimento do Currículo		TSPK do Currículo de Ciências	Visões e entendimentos do currículo de Ciências relacionados a um tópico específico.
Conhecimento dos Objetivos		TSPK dos objetivos de ensino de Ciências	Objetivos de ensinar determinado tópico de ciências.
Conhecimento de Avaliação		TSPK de avaliação da aprendizagem de Ciências	Visões e ideias sobre avaliar um tópico específico de Ciências
Conhecimento de Estratégias Instrucionais	Entendimento Conceitual de um Tópico de Ciências	TSPK de estratégias instrucionais	Repertórios de estratégias instrucionais para ensinar um tópico específico de Ciências
Conhecimento de Recursos		TSPK de recursos para o ensino de Ciências	Conhecimento e uso de recursos de ensino para lecionar um tópico específico de Ciências.
Conhecimento de Tecnologia		TSPK de tecnologias para se ensinar Ciências	Visões e ideias sobre o uso da tecnologia para ensinar um tópico específico de Ciências.
Conhecimento da Diversidade dos Estudantes		TSPK da diversidade dos estudantes para educação inclusiva em Ciências	Visões e ideias sobre o direcionamento da diversidade dos estudantes para ensinar um tópico específico de Ciências.
Conhecimento de Contextos		TSPK de ensino de Ciências em vários contextos.	Visões e ideias sobre lecionar um tópico específico de Ciências em vários contextos de ensino.

Fonte: Azam (2019), p. 287, tradução e adaptação nossa.

No que diz respeito à forma – interpretação, síntese ou especificação – na qual o Conhecimento do Conteúdo se junta com cada uma das outras bases do conhecimento para o desenvolvimento do TSPK, Azam (2019) explica cada um desses processos possíveis, de acordo com o Quadro 2:

Quadro 2 - Processos possíveis de integração do TSPK, pela ligação entre o Conhecimento do Conteúdo e cada uma das outras bases de conhecimento.

Processos Possíveis	Símbolo	Desenvolvimento do TSPCK
Interpretação	CK (Conhecimento do conteúdo) 	Base do PK (conhecimento profissional) A compreensão do Conhecimento do Conteúdo é transformada na base de conhecimento profissional.
Especificação	CK (Conhecimento do conteúdo) 	Base do PK (conhecimento profissional) A transição da base de conhecimento profissional para um tópico específico de Ciências.
Integração (síntese)	CK (Conhecimento do conteúdo) 	Base do PK (conhecimento profissional) A base de conhecimento profissional sintetizada com a compreensão do Conhecimento do Conteúdo.

Fonte: Azam (2019), p. 289, tradução nossa.

Com isso, o processo de Interpretação pode ser entendido enquanto um processo de combinação do conhecimento do conteúdo e um ou mais conhecimentos profissionais de forma que o entendimento conceitual do tópico seja transformado na base de conhecimento profissional em questão. O processo de Especificação, por sua vez, se dá pela combinação entre uma ou mais bases do conhecimento profissional e o entendimento conceitual do tópico, de forma a configurar a transição desta base de conhecimento profissional quando relacionada a um tópico específico. Por fim, a Integração ou Síntese é compreendida pela combinação mútua entre a base de conhecimento profissional e o entendimento conceitual do tópico.

Azam (2019) apresenta, ainda, pesquisas que corroboram com o fato de o processo de combinação das bases de conhecimento para o desenvolvimento do TSPCK serem de natureza bastante complexa e, com isso, justifica a possibilidade de esses processos acontecerem para várias bases de conhecimento ao mesmo tempo, uma vez que os limites destas bases não se encontram bem delimitados.

3.3 A SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DE ESTEQUIOMETRIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Podemos definir, de acordo com Brown *et al.* (2016, p. 84, grifo dos autores), que “a *estequiometria* é o campo de estudo que examina as quantidades das substâncias consumidas e produzidas nas reações químicas”. Tal campo, portanto, “fornece um conjunto essencial de ferramentas amplamente utilizadas em química que tem diversas aplicações” (BROWN *et al.*, 2016, p. 84). Dentre essas ferramentas, podemos reconhecer a importância das equações químicas, do balanceamento de equações, da classificação das reações químicas, das massas molares, moleculares e atômicas e suas conversões para a consolidação dos estudos que envolvem as quantidades das substâncias presentes em uma transformação química.

Na perspectiva da educação básica, Santos e Mól descrevem:

Para os químicos, o cálculo das quantidades necessárias de cada reagente, para formar determinado produto, tem importância vital. Esse cálculo é chamado *estequiométrico* (do grego *stoikheíon*, ‘elemento’, e *métron*, ‘medida’). (SANTOS; MÓL, 2016, p. 45, grifo dos autores)

De acordo com estes autores, o desenvolvimento do cálculo estequiométrico se deu a partir da teoria atômica de Dalton – e também a partir das leis ponderais e das fórmulas químicas – e em função dela desenvolveu-se o princípio de que “a proporção entre as

substâncias na equação é estabelecida por relações numéricas”, na qual “o número que indica tal proporção é denominado coeficiente” em uma equação química (SANTOS; MÓL, 2016, p. 46).

Santos e Mól (2016), ao considerarem o balanceamento de equações enquanto condição necessária para o desenvolvimento de cálculos estequiométricos, definem que “o significado atual de estequiometria, em Química, é medir a quantidade de uma substância em relação à quantidade de outra substância presente em uma mesma reação” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 53). Da mesma forma, Novais e Antunes (2016) consideram que “os cálculos envolvendo as quantidades das substâncias participantes de uma reação são chamados de *cálculos estequiométricos* (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 196, grifo dos autores). Ciscato *et al.* (2016), ao introduzirem a unidade “Estudo do cálculo estequiométrico” descrevem que o cálculo estequiométrico engloba todas “as relações entre as massas das substâncias, as quantidades de entidades elementares existentes nessas massas e as proporções que se estabelecem entre as quantidades de entidades elementares de reagentes e de produtos em uma reação química” (CISCATO *et al.*, 2016, p. 203).

O estudo da estequiometria, segundo Silva (2014, p. 33-34),

é essencial no Ensino de Química, uma vez que, envolve os três níveis de interpretação [macroscópico, representacional e microscópico]. Assim, a estequiometria é o campo que lida com as relações quantitativas das transformações químicas que estão implícitas nas fórmulas e equações químicas. Sendo que as últimas são expressões simbólicas para as relações quantitativas a nível macro e microscópico. Ou seja, para aprender estequiometria faz-se necessário compreender a representação nas transformações químicas em seus três níveis.

Isto posto, configura-se enquanto um obstáculo no ensino deste tópico o disposto por Gomes e Macedo (2007, p. 150): “no Ensino Médio, estequiometria é um assunto muito pouco trabalhado em aulas práticas, o que dificulta o entendimento dos discentes”, ou seja, ainda há o privilégio de alguns níveis de interpretação sobre outros no ensino de estequiometria, o qual assumimos o entendimento de que os autores referem-se às atividades experimentais para a disciplina de Química.

Outros obstáculos de ensino e/ou aprendizagem podem ser evidenciados na literatura científica. Costa e Souza (2013, p. 107), sobre a dificuldade de aprendizagem dos alunos no campo disciplinar da química, apontam:

Entre os assuntos que os alunos apresentam dificuldade de aprendizagem encontra-se o Cálculo Estequiométrico. Seja pelos cálculos presentes neste conteúdo ou pelas reações, eles não conseguem muitas vezes realizar esses cálculos e escrever ou balancear as reações. Além de não conseguirem relacionar grandezas e compreender o enunciado da questão, para fazer os cálculos, os alunos provavelmente

memorizam, de uma maneira mecânica, os passos que o professor realiza ao resolver o problema. Assim, os alunos passam mais tempo decorando do que tentando entender os conteúdos e interpretar as situações.

Migliato Filho (2005, p. 3) pondera ainda que:

No que diz respeito às dificuldades de aprendizagem de estequiometria no Ensino Médio, estas normalmente estão relacionadas com a maneira como o assunto é abordado. Muitos dos educadores estão somente preocupados com o aspecto matemático em que a estequiometria está envolvida, em detrimento de uma interpretação química. Desta forma, o aluno é conduzido ao desenvolvimento de raciocínio lógico-matemático com a finalidade exclusiva de mecanizar os procedimentos para a solução de problemas envolvendo os aspectos quantitativos dos fenômenos químicos. Por outro lado, o que leva o aluno a não entender as relações matemáticas necessárias à compreensão das relações estequiométricas é a dificuldade que os mesmos apresentam em conhecimentos básicos de matemática.

Agora, do ponto de vista da importância em se estudar o conteúdo de estequiometria, Santos e Silva (2014, 134) consideram que:

[D]entre as vantagens do estudo de estequiometria, refere-se ao fato de [que] praticamente todos os conteúdos da química farão uso de equações químicas e de cálculos provenientes da estequiometria. Este conhecimento tem extensa aplicação no contexto tecnológico.

Entendemos ser necessária a compreensão de reações químicas e suas representações para que seja possível desenvolver o entendimento e os procedimentos necessários nos cálculos que envolvem tais proporções e, para além disto e de acordo com os autores supracitados, desenvolver a capacidade de se realizar cálculos envolvendo pureza de reagentes, rendimento de reações, reações consecutivas e excesso de reagentes nas transformações químicas. Mas, diante da problematização desenvolvida ao longo desta seção, como superar os obstáculos que se revelam através do ensino e da aprendizagem do tópico de estequiometria no âmbito da Educação Química? De que maneira a figura do professor, ao longo do seu próprio processo formativo, pode contribuir para a efetividade do ensino deste conteúdo e como as produções acadêmicas podem colaborar para atingir tal objetivo?

É neste ponto que resgatamos a necessidade da sistematização do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de Estequiometria enquanto potencial para o desenvolvimento profissional dos educadores no que diz respeito a este tópico. Sobre isso, destacamos a escassez de pesquisas desenvolvidas especificamente com esta abordagem, da qual não se encontrou nenhum resultado de pesquisa desenvolvida no Brasil que tenha como termos de pesquisa “PCK” ou “TSPCK” e “Estequiometria” nas bases de dados ERIC e Scopus e em pesquisa livre utilizando a ferramenta “Google Acadêmico” com tais termos em inglês e em português até o ano de 2020. Tal resultado reforça a necessidade de se desenvolver mais

estudos relacionados ao tópico estequiometria na perspectiva do PCK e/ou do TSPCK no Brasil, tanto no âmbito da explicitação do PCK e/ou TSPCK dos professores em exercício e em formação quanto no âmbito da sistematização dos conhecimentos profissionais produzidos na literatura científica que visam contribuir com a efetividade no ensino deste conteúdo.

Santos e Silva (2013, p. 3207) desenvolveram uma pesquisa do tipo “Estado da Arte” sobre estequiometria. Neste sentido, o estudo destes autores traz como resultados duas categorias de análise: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. Sobre a primeira categoria, as autoras afirmam:

Entre as causas são citadas a dificuldade de abstração e transição entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico de representação da matéria [...]; grandeza da Constante de Avogadro; confusão entre mol/quantidade de matéria/Constante de Avogadro/massa molar [...] e dificuldades no manejo de técnicas matemáticas [...].

Quanto à segunda categoria, as autoras afirmam:

Entre as estratégias de ensino desenvolvidas para o ensino do conteúdo de estequiometria estão: o uso de modelos e analogias [...]; a abordagem por meio de mudança conceitual [...]; o uso da aprendizagem cooperativa [...]; o ensino por resolução de problemas [...]; o desenvolvimento e uso de *softwares* que auxiliam os estudantes na compreensão e resolução de problemas [...] entre outros. (SANTOS; SILVA, 2013 p. 3208)

Embora não haja uma sistematização das produções acadêmicas relacionadas à base de conhecimentos profissionais dos professores de química e o tópico de estequiometria, destacamos algumas produções que podem ser relacionadas a um ou mais conhecimentos profissionais. Por exemplo, a produção de Santos (2019) discute a realização de um curso de formação continuada que se utilizou da História da Ciência e da Teoria dos Campos Conceituais como abordagem metodológica, a partir uma série de discussões a respeito de experimentos, fatos e produções históricos e conteúdos de química que se baseados em cálculos estequiométricos. Isso pode contribuir para o desenvolvimento do conhecimento de recursos, estratégias e do próprio conteúdo para o público envolvido no estudo. Outras produções utilizam: modelos moleculares; jogo didático; sequências de ensino; histórias em quadrinhos; e experimentação enquanto recursos para o desenvolvimento do conteúdo de estequiometria (MIGLIATO FILHO, 2005; CARVALHO; BULL, 2020; TONETTO *et al.*, 2015; SILVA, 2014; FERNANDES; FREITAS-REIS, 2017; RIBEIRO, 2019; CORRÊA, 2017; HAUPT, 2020; RAMOS, 2017; CAZZARO, 1999). A estratégia do ensino contextualizado pode ser evidenciada nas produções citadas, bem como na produção de Borges *et al.* (2015) que relata a culminância da construção de raps a partir da contextualização do conteúdo na perspectiva da Pedagogia Histórico Crítica com o tema

“violência contra a mulher”. Outra estratégia de ensino para a estequiometria, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), revela-se a partir das produções de Gomes (2016) e Carletto *et al.* (2019). Há contribuições para o conhecimento das diversidades dos estudantes nas produções de Fernandes e Freitas-Reis (2017) e Silva (2014), no âmbito do ensino de estequiometria para deficientes auditivos e visuais, respectivamente.

Ressaltamos que estes são apenas alguns exemplos de produções acadêmicas que podem contribuir com o desenvolvimento do TSPCK de Estequiometria dos profissionais da Educação Química e que, inclusive, esta sistematização crítica das produções relativas ao tópico, no âmbito do PCK, se faz importante e necessária para auxiliar na disposição destes conhecimentos aos professores e, por isso, sinalizamos este estudo futuro como possibilidade de superar esta lacuna apontada na literatura científica brasileira. Justificamos, ainda, que a documentação do conhecimento disponível, relacionado à estequiometria, na perspectiva de uma revisão integrativa, torna o PCK acessível em sua dimensão coletiva, contribuindo diretamente para a formação (inicial ou continuada) de professoras e professores. A revisão integrativa, conforme aponta Cooper (1982), objetiva a síntese do conhecimento acumulado, o estabelecimento de relações de interesse e a superação de lacunas da própria literatura científica.

Apesar de não terem sido identificadas pesquisas brasileiras sobre o TSPCK de Estequiometria, existem alguns estudos internacionais que podem contribuir com o diálogo científico construído nesta dissertação. Usak, Ozden e Eilks (2011) construíram um teste escrito para investigar o conhecimento do assunto e o PCK de trinta calouros de um curso de formação de professores de Ciências da Turquia no tópico de reações químicas, incluindo conceitos de reagente limitante, conservação das massas, balanceamento e estequiometria. Realizaram, ainda, entrevistas com oito dos trinta participantes do teste, abordando conhecimentos sobre a dificuldade de aprendizagem dos estudantes, estratégias instrucionais e avaliação da aprendizagem para o conteúdo de reações químicas. Os resultados do teste escrito mostraram que, dentre as questões, aquela com maior porcentagem de acerto pelos participantes – com respostas e explicações corretas – versava sobre conservação de átomos e moléculas em uma reação. Os piores desempenhos – em termos percentuais dentre os estudantes que formularam respostas e explicações corretas – foram relacionados à estequiometria e reagente limitante. Quanto ao conhecimento das dificuldades de aprendizagem dos estudantes, conhecimento de avaliação e conhecimento de estratégias instrucionais, grande parte dos calouros foram classificados como tendo um conhecimento

ingênuo (dentre as três classificações, respectivamente do pior desempenho ao melhor desempenho nessas bases de conhecimento: ingênuo, plausível e apropriado). No que diz respeito às atitudes dos professores, os autores concluem ser de um alinhamento mais tradicional, com a centralidade no papel do professor e na transmissão de conhecimentos que são tradicionalmente avaliados.

Nesta mesma perspectiva, Makhechane e Qhobela (2019) desenvolveram um estudo que contribuiu, inclusive, para a formulação da questão de pesquisa desta dissertação. Os pesquisadores analisaram a forma na qual sete professores de Lesotho, África do Sul, transformavam o conhecimento do assunto para que os estudantes pudessem compreender o conteúdo lecionado através de entrevistas, questionários e observação de aulas. A análise dos dados obtidos na pesquisa qualitativa desenvolvida por esses autores revelou o ensino de estequiometria centrado na figura do professor e o estudante de caráter passivo, bem como uma escolha de estratégias de ensino que não favoreciam o entendimento conceitual do tópico. Tais estratégias, segundo os autores, não contribuem para facilitar o entendimento conceitual do tópico.

Malcolm, Mavhunga e Rollnick (2019) desenvolveram um instrumento para medir o TSPCK de professores de Ciências de Gauteng, África do Sul, em estequiometria. Por meio de uma abordagem mista, os autores conduziram a pesquisa com trinta e um professores que, por análise estatística, consideraram aceitável a confiabilidade e validade do instrumento proposto. O referencial teórico utilizado na pesquisa foi o TSPCK, especificamente, o modelo proposto por Mavhunga e Rollnick (2013), o qual compreende os seguintes componentes: conhecimento prévio dos estudantes; saliência curricular; o que é difícil de ensinar; representações, incluindo analogias; e estratégias de ensino de conceitos.

Miheso e Mavhunga (2020) investigaram, mais recentemente, sete professores no último ano de formação superior através de uma intervenção utilizando o TSPCK do tópico de química orgânica ou estequiometria. O estudo é caracterizado como longitudinal, uma vez que a coleta de dados se deu através de um questionário e entrevistas antes, logo após e dois anos depois da intervenção realizada. O objetivo dos autores foi avaliar a retenção do PCK de tópico específico e, ao final da investigação, os pesquisadores concluíram por sua possibilidade, bem como pelo enriquecimento do TSPCK dos participantes ao longo de sua prática pedagógica, contribuindo para o debate sobre a inserção do construto ainda na formação inicial de professores.

Tais estudos sobre o TSPCK de estequiometria, embora utilizem o mesmo referencial teórico da nossa pesquisa, adotaram modelos para o TSPCK que diferem de nossa escolha, o que limita – mas, não suprime – as discussões promovidas no âmbito desta dissertação.

4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Nesta seção, apresentamos as questões metodológicas envolvidas na presente pesquisa, especialmente ao que se refere às etapas abordadas nessa dissertação, as quais discutiremos os resultados na próxima seção. Primeiramente, reconhecemos o caráter qualitativo desta pesquisa, baseando-nos nas afirmações de Creswell (2010), por ser um estudo dos contextos dos professores licenciados em Química e em exercício na educação básica e seus processos relativos ao ensino do tópico de estequiometria em sala de aula. Há outros elementos, como as questões e procedimentos que emergem dos dados coletados e as interpretações ou inferências realizadas pelo pesquisador quanto às explicações e significados dos dados obtidos.

Inicialmente, fundamentamos o caráter diagnóstico da pesquisa, a partir da escassez de trabalhos desenvolvidos para o tema proposto na perspectiva do TSPCK, porém, também concordamos com Gil (2008) ao conceber o caráter explicativo da pesquisa ao estabelecermos diálogos com outras vozes da literatura científica para realizar inferências e comparações através dos dados coletados.

4.1 CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA

Por se tratar de um trabalho desenvolvido no contexto da profissionalização de professores, fundamentamo-nos no Art. 62 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), que considera que:

Art. 62. A formação de docentes para atuar na educação básica far-se-á em nível superior, em curso de licenciatura plena, admitida, como formação mínima para o exercício do magistério na educação infantil e nos cinco primeiros anos do ensino fundamental, a oferecida em nível médio, na modalidade normal.

Esta consideração legislativa nos motivou a incluir apenas os profissionais com formação inicial de licenciatura plena em Química como potenciais participantes da pesquisa e, a partir de um levantamento realizado no ano de 2020, constatamos a presença de quatro professores em exercício – excluindo-se o pesquisador principal – na educação básica estadual do município de Alfenas-MG. Cabe considerar, ainda, que outros professores no exercício da docência em Química foram excluídos da presente pesquisa por apresentarem formação diversa do nosso público alvo, ainda que possibilitadas pela legislação vigente, tais como Bacharelado em Química, Farmácia, Engenharias e Medicina Veterinária, acrescidas de formação pedagógica complementar de curta duração.

Desta forma, a pesquisa contou com a participação de quatro professores licenciados em Química e em exercício da docência na educação básica em escolas estaduais de Alfenas-MG, pertencentes ao quadro de servidores de três unidades escolares. Os professores foram convidados – após a aprovação do projeto apresentado ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Unifal-MG, sob o parecer nº 4.483.682 – por e-mail, a participarem da pesquisa e, mediante aceitação do convite, todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) como condição necessária para participação no estudo. Reconhecendo a necessidade de se manter o sigilo e a confidencialidade da pesquisa com relação à identificação dos participantes, nos referimos a cada um deles nesta dissertação como P1, P2, P3 e P4.

Em virtude do contexto provocado pela pandemia da Covid-19, houve a readequação da metodologia da presente pesquisa que, inicialmente, contava com uma etapa de observação em sala de aula. Tal etapa foi suprimida para o desenvolvimento da pesquisa e substituída por outra, conforme apresentamos a seguir.

4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Em virtude do contexto de distanciamento social em que estávamos inseridos no processo da pesquisa, a coleta dos dados foi realizada exclusivamente de forma remota, ou seja, especificamente de maneira online. Utilizamos um conjunto de técnicas de coleta de dados, com a intenção de proporcionar maior credibilidade ao trabalho desenvolvido e estabelecer maior confiança na análise, discussão e triangulação dos resultados obtidos de forma a contribuir efetivamente para a sistematização do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo do Tópico Específico destes profissionais. A coleta de dados ocorreu de acordo com as seguintes etapas: Etapa 1 – Revisão de literatura; Etapa 2 – Primeira entrevista semiestruturada; Etapa 3 – Preenchimento do instrumento CoRe pelos professores participantes; Etapa 4 – Segunda entrevista semiestruturada; Etapa 5 – Elaboração dos PaPeRs pelo pesquisador e validação pelos participantes.

4.2.1 Revisão de literatura: Etapa 1

Dada a relevância do aprofundamento do quadro teórico utilizado na presente pesquisa, bem como a importância da revisão de literatura prévia ao desenvolvimento de uma pesquisa acadêmica, conforme apontam Brizola e Fantin (2016), realizamos um levantamento

bibliográfico com a finalidade de analisar e discutir as produções científicas relacionadas ao TSPCK.

Como discutido anteriormente, as produções envolvendo o TSPCK de estequiometria na literatura científica são escassas e, a partir disso, optamos por utilizar as palavras-chave “*Topic-Specific PCK*” na plataforma ERIC para este levantamento. Essa plataforma foi escolhida por apresentar o maior número de produções acadêmicas em vias de divulgação científica na literatura internacional e, também por ser a base de dados com o maior número de resultados obtidos, totalizando quarenta e duas publicações.

Nesse sentido, adotamos como critério de análise os estudos publicados em periódicos, ou seja, artigos científicos publicados em revistas de divulgação acadêmica.

4.2.2 Entrevista semiestruturada: Etapa 2 e Etapa 4

A entrevista caracteriza-se enquanto meio de comunicação verbal entre dois ou mais indivíduos, evidenciando, dessa forma, a importância da linguagem e da fala. Além disso, constitui-se uma técnica interessante para coleta de dados e/ou informações de caráter científico que pode contribuir com o desenvolvimento de determinado projeto (NETO, 2002).

O autor ainda categoriza as entrevistas em *estruturada*, *não-estruturada* e *semiestruturada*, sendo esta última a escolhida para o presente trabalho. A entrevista semiestruturada articula as outras duas modalidades previamente citadas, ou seja, considera uma abordagem livre do tema proposto e, também, perguntas previamente estruturadas.

Neste contexto, desenvolvemos duas entrevistas individuais com cada um dos participantes da pesquisa. A duração de cada entrevista foi, em média, de 45 minutos para a primeira e 30 minutos para a segunda. A primeira entrevista (roteiro no Apêndice A), instrumento utilizado na primeira etapa da coleta de dados, abordou aspectos relevantes acerca da vida profissional do participante, seu tempo de experiência docente, suas considerações acerca das melhores atividades desenvolvidas no âmbito da temática de estequiometria ao longo da carreira, dentre outras situações relacionadas à sua prática docente em estequiometria, com o objetivo de se explicitar as crenças didáticas desses participantes, bem como as narrativas de sua prática docente.

A segunda entrevista (roteiro no Apêndice B), terceira etapa da fase de coleta de dados, ressaltou aspectos da temática PCK em Estequiometria com o objetivo de articular as lacunas e/ou falta de conexões que possam implicar ou comprometer a análise e interpretação dos dados coletados durante o processo. Ou seja, a segunda entrevista incorporou questões

que pudessem trazer à luz manifestações das bases de conhecimento profissional de acordo com o referencial teórico adotado, que serviram também para fins de triangulação dos dados coletados.

Deste modo, percebemos a comunicação direta entre o pesquisador e o pesquisado no sentido de se explicitar ao máximo o TSPCK do professor e explorá-lo segundo o modelo teórico proposto por Azam (2019). Cabe ressaltar que as entrevistas foram realizadas de modo remoto, via plataforma Google Meet, individualmente, e apenas o áudio gravado por meio de um aplicativo de computador denominado Audacity. A gravação foi realizada pelo pesquisador responsável e exclusivamente para fins de transcrição, realizada também pelo próprio pesquisador.

4.2.3 Representação de Conteúdo (CoRe) – Etapa 3

A Representação de Conteúdo (do inglês, *Content Representation* ou *CoRe*) é um instrumento de coleta de dados elaborado por Loughran, Mulhall e Berry (2004) como forma de acesso e documentação do PCK de professores ou grupos de professores para conceitos específicos, tornando-os disponíveis e compreensíveis a outros profissionais da área.

Os autores apontam a dificuldade em se acessar realmente o PCK de professores e explicitam a escassez de métodos eficientes que possam explicitar o PCK destes profissionais de forma satisfatória e confiável. Este ponto de vista – da dificuldade de acesso e documentação do PCK pessoal de um professor – ainda é corroborado por Fernandez (2015), Oliveira Júnior (2011) e Sales (2010) e, por isso, o CoRe torna-se um mecanismo de coleta de dados bastante utilizado em pesquisas na literatura científica a partir de então. Essa afirmação é corroborada, ainda, por um estudo nosso que insere o CoRe dentre os seis instrumentos de coleta e explicitação do PCK mais usados nas pesquisas no campo da Química (CIRILO; COLAGRANDE, 2021).

Segundo Loughran, Mulhall e Berry (2004, p. 376, tradução nossa), o CoRe:

define e discute a compreensão dos professores de Ciências sobre aspectos específicos do PCK (por exemplo, uma visão geral das principais ideias; conhecimento das concepções alternativas; maneiras perspicazes de avaliar a compreensão; pontos de confusão conhecidos; sequenciamento eficaz; e abordagens importantes para o enquadramento das ideias).

Em termos simples, os criadores deste instrumento elaboraram uma forma de questionário que estimula a reflexão de professores a partir de perguntas acerca das principais

ideias que devem ser desenvolvidas sobre um tópico específico em oito questionamentos, constantes no Anexo A.

Vislumbramos, portanto, a possibilidade de se documentar aspectos relativos ao PCK de professores que se relacionam com a temática de estequiometria, tornando possível a análise sistemática dos dados coletados sob a perspectiva das bases de conhecimentos do modelo de trabalho proposto por Azam (2019). O instrumento foi enviado, individualmente e via e-mail, a cada um dos participantes da pesquisa, após a realização da primeira entrevista semiestruturada, para que estes pudessem refletir e preenchê-lo adequadamente de acordo com suas próprias concepções e, posteriormente, nos encaminhar, também via e-mail, para realizarmos as demais etapas da pesquisa.

4.2.4 Repertório de experiência Profissional e Pedagógica (PaP-eR) – Etapa 5

Os Repertórios de experiência Profissional e Pedagógica, ou PaP-eRs, desenvolvidos por Loughran *et al.* (2001), se tratam de narrativas da prática docente em sala de aula baseada em situações reais e na reflexão do próprio professor acerca do ensino de um tema específico. Tal instrumento tem possibilidade de ser desenvolvido pelo pesquisador a partir de outros dados coletados durante a pesquisa, tais como observações, entrevistas, análises de documentos etc. Nesta perspectiva, Novais *et al.* (2016) ressaltam a importância das narrativas para “explicitar conhecimentos de professores, ouvir suas vozes e entender suas percepções, experiências e o raciocínio que utilizam para planejarem e realizarem suas práticas” (NOVAIS *et al.*, 2016, p. 56).

Loughran *et al.* (2001) descrevem que os PaP-eRs devem permitir um olhar no processo de ensino e aprendizagem na perspectiva do professor, em que um conteúdo direciona a metodologia a ser utilizada em sala de aula. O instrumento deve ter relações diretas com a Representação de Conteúdo (CoRe) e estas relações devem se estabelecer no sentido de explicitar as intenções tácitas nas ações que o professor promove no sentido de ajudar os estudantes a entender tal conteúdo. Os autores ainda discutem que apenas um PaP-eR não é capaz de representar integralmente a complexidade acerca de um tema específico, mas, um conjunto de PaP-eRs relacionando-se à diferentes áreas de um CoRe pode auxiliar a evidenciar elementos do PCK de determinado sujeito.

Portanto, foram elaborados quatro PaP-eRs pelo pesquisador (um para cada participante), contendo as narrativas dos diversos momentos da fase de coleta de dados da presente pesquisa, e, posteriormente, enviados, em separado, para cada um dos participantes

da pesquisa, de forma que pudessem ler e validar as informações contidas no documento. Cabe salientar que a validação ocorreu da seguinte forma: cada participante recebeu, via correio eletrônico (e-mail) o PaP-eR construído pelo pesquisador e, após a leitura, foi sugerido um encontro remoto para discutir possíveis modificações no documento elaborado. Cada participante, após a análise da versão final do documento respondeu a este e-mail explicando sua validação. Por fim, os Repertórios de Experiência Pedagógica e Profissional foram analisados. Pontuamos, ainda, que, por conveniência, o instrumento PaP-eR foi descrito na seção “Instrumentos de Coleta de Dados” mas, reiteramos ser um instrumento construído pelo pesquisador principal durante a fase de coleta de dados.

4.3 ANÁLISE DE DADOS

O direcionamento da pesquisa nos conduziu à linha de pensamento desenvolvida por Bardin (2002), no que diz respeito à Análise de Conteúdo, definida pela autora como um conjunto de técnicas e procedimentos que têm como objetivo a descrição do conteúdo das mensagens.

Franco (2003, p. 15) aponta que:

O significado de um objeto pode ser absorvido, compreendido e generalizado a partir de suas características definidoras e pelo seu *corpus* de significação. Já, o sentido implica a atribuição de um significado pessoal e objetivado que se concretiza na prática social e que se manifesta a partir das Representações Sociais, cognitivas, valorativas e emocionais, necessariamente contextualizadas.

Dessa forma, a autora esclarece que a partir deste ponto – a mensagem – há a intenção de se realizar inferências de conhecimentos com relação às condições de produção ou recepção destas mensagens por meio do uso de indicadores, apontando, ainda, o *produtor* como um dos elementos básicos da comunicação e ponto de vista a ser trabalhado na perspectiva do analista.

Franco (2003) destaca, ainda, alguns pressupostos relevantes com relação à perspectiva do ponto de vista do *produtor*: toda mensagem emitida contém potencial quantidade de informações de seu produtor, quais sejam suas concepções, crenças, interesses de classe, traços psicológicos e etc.; a seleção do conteúdo da mensagem não é arbitrária, o produtor seleciona o que considera mais importante para “dar o seu recado” de acordo com seu quadro teórico e sua formação ideológica.

Uma das principais etapas para o processo de Análise de Conteúdo se constitui na Categorização, que deve ser realizada após definidas as Unidades de Registro e Unidades de

Contexto, conforme aponta Franco (2003). Dessa forma, é importante descrevermos sobre o processo de análise dos dados desenvolvido nessa dissertação a partir dos pressupostos de Bardin relacionados à pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados obtidos e interpretação.

A seleção do material analisado ocorreu *a priori*, a partir dos dados coletados nas etapas previstas e descritas anteriormente, que compuseram o *corpus* de análise da pesquisa.

Observando-se todos os critérios e requisitos para a criação das categorias discutidos por Bardin (2002) e Franco (2003), analisamos mensagens relacionadas ao tema “Ensino de Estequiometria”, após a fragmentação de nosso *corpus* de análise para definir Unidades de Registro e como Unidade de Contexto o “Componente do Conhecimento Profissional do Tópico Específico” para que pudéssemos analisar e descrever o conteúdo das mensagens que envolvessem quaisquer relações com qualquer uma das bases profissionais do conhecimento presentes no modelo proposto por Azam (2019).

Como um exemplo do processo de análise, trazemos um fragmento da primeira entrevista semiestruturada de P3, presente também na seção de resultados:

“Não. Eu lembro de falar de Avogadro. Eu lembro sim, tem um ‘topicozinho’, mas é muito pequeno. Se eu não me engano, tem duas habilidades que o contempla: cálculo do número de Avogadro e mais alguma coisa que eu não me lembro. Eu não vejo aparecer [o termo estequiometria]...” (P3; primeira entrevista semiestruturada)

Esta fala de P3 representa uma unidade de registro por se tratar sobre o ensino de estequiometria e, por sua vez, há a menção das palavras “topicozinho” e “habilidades”, as quais se referem ao contexto do currículo relacionado ao ensino da estequiometria, mais especificamente o Conteúdo Básico Comum (CBC), o currículo mineiro. Com isso, relacionamos a unidade de registro sobre a temática “Ensino de Estequiometria” em uma unidade de contexto relacionada ao conhecimento profissional do currículo referente ao ensino do tópico.

As categorias de análise com critério semântico, conforme esclarece Franco (2003), foram definidas também *a priori*, fundamentando-se em cada uma das dez bases de conhecimento profissional do modelo teórico adotado, das quais expusemos a breve descrição presente no Quadro 1, e, mediante a necessidade e viabilidade do material coletado a partir dos instrumentos utilizados, propusemos a criação de uma nova categoria *a posteriori*, descrita por “Conhecimento das dificuldades dos estudantes” e constante dos resultados apresentados na próxima seção.

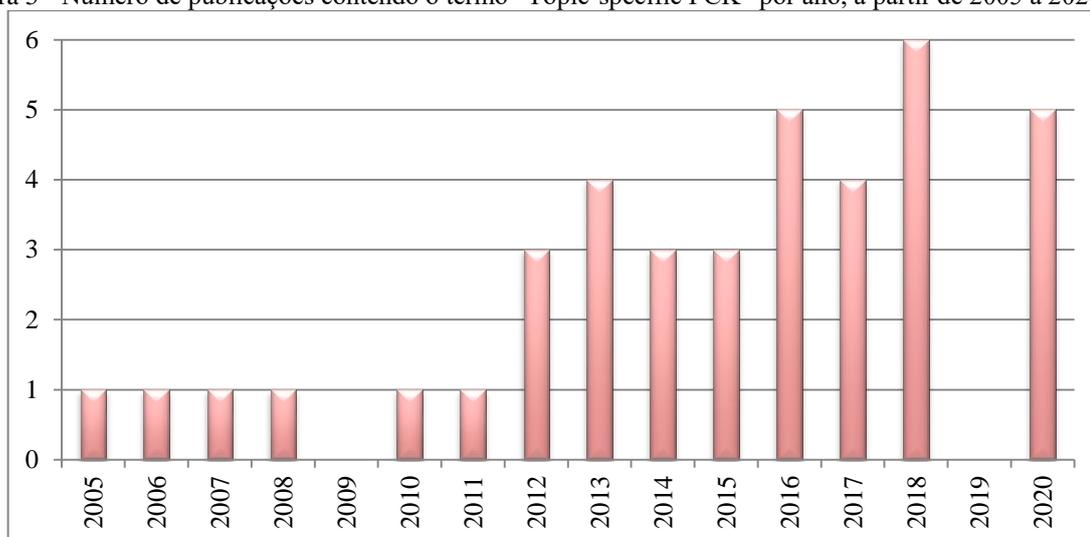
Utilizando-nos do mesmo exemplo do fragmento acima e da breve descrição de nosso referencial teórico presente no Quadro 1, a referida unidade de registro foi categorizada enquanto pertencente ao “Conhecimento do Currículo” que, conforme descrito, é uma das dez categorias adotadas *a priori* nesta produção.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DO TÓPICO ESPECÍFICO: UMA BREVE REVISÃO

Na parte inicial da pesquisa, foi realizada uma revisão de literatura a partir de dados levantados da plataforma ERIC utilizando-se o termo “Topic-specific PCK”, resultando em 42 trabalhos. A base de dados foi escolhida por apresentar maior número de resultados a partir da busca, quando comparada às outras como Scopus, Science Direct e Periódicos Capes, por exemplo, bem como abranger a difusão mundial do construto e pesquisas acadêmicas relacionadas. Optamos por analisar 39 desses trabalhos resultantes da pesquisa, que consistiam em artigos publicados em revistas, excluindo-se 3 teses de doutorado não publicadas. A Figura 5 mostra a quantidade de trabalhos publicados por ano, entre 2005 e 2020. Importante ressaltar que este recorte temporal compreende justamente o período das publicações encontradas na base de dados. Dois pontos importantes merecem ser destacados: primeiro, o fato de tratar-se de um construto recente na literatura, o que pode justificar o pequeno número de publicações encontradas na plataforma; segundo, por tratar-se de um assunto que mereça ser considerado como atual, visto que o número de publicações no último quinquênio é superior à metade do total das publicações analisadas. Tais fatores nos levam a inferir que o TSPCK, enquanto construto, tem ganhado atenção na comunidade acadêmica, revelada a tendência de crescimento no número de publicações a respeito da temática.

Figura 5 - Número de publicações contendo o termo “Topic-specific PCK” por ano, a partir de 2005 a 2020.

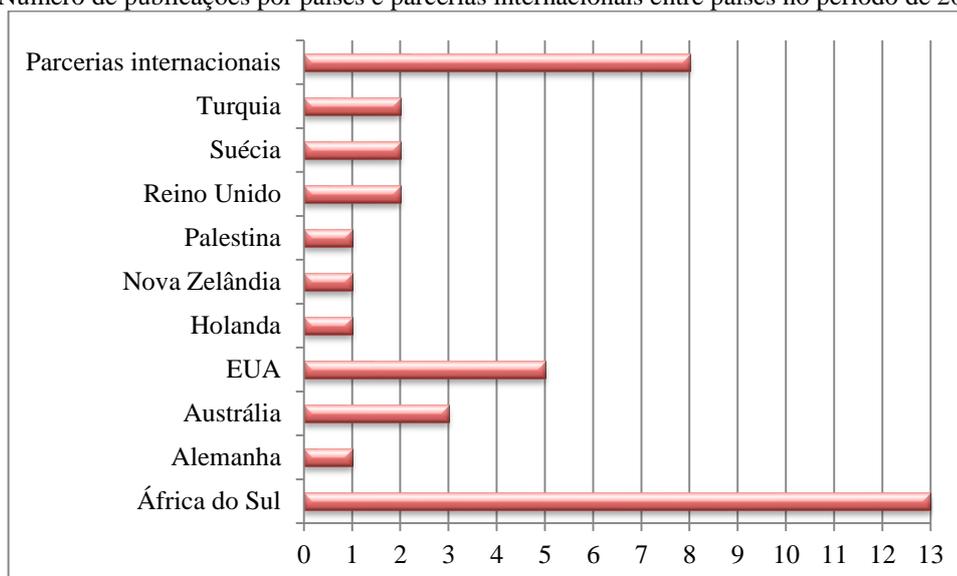


Fonte: Autoria própria.

Outro dado importante de ser discutido é sua difusão internacional, demonstrada na Figura 6. A partir das publicações analisadas, foi possível constatar pesquisas desenvolvidas em 13 países diferentes, inclusive com colaborações internacionais entre dois ou mais países. No âmbito da diversidade dos países, destacamos Suazilândia, Landau e Suíça, que não publicaram estudos individualmente desenvolvidos pelo próprio país, mas, constam das parcerias internacionais estabelecidas. Além desses países que contribuíram apenas a partir das parcerias, foram encontradas outras parcerias que envolvem a Alemanha, Holanda, Austrália, EUA, Turquia e Nova Zelândia.

Dentre os países com mais publicações, destaca-se a África do Sul com 13 publicações das 39 analisadas e os EUA – berço do PCK – em segundo lugar, com cinco publicações. A emergência da África do Sul como o país que mais publicou no *corpus* analisado pode ser comparada a outras nacionalidades que emergiram de nosso estudo recente, que analisou publicações especificamente do campo disciplinar da Química (CIRILO; COLAGRANDE, 2021). Embora as nacionalidades que mais publicaram não sejam as mesmas entre este levantamento e nosso estudo, os resultados nos conduzem a inferir sobre a difusão mundial do constructo norte-americano e da cessão do papel protagonista e exclusivo dos EUA nas pesquisas sobre o PCK e o TSPCK ao longo dos anos, que, apesar disto, ainda apresenta relevante número de publicações em relação a outros países.

Figura 6 - Número de publicações por países e parcerias internacionais entre países no período de 2005 a 2020.



Fonte: Autoria própria.

A aceitação do constructo pela comunidade acadêmica, para além de sua expansão global, pode ser considerada multidisciplinar, como mostra a Quadro 3. Ressaltamos a

utilização do constructo em pesquisas de diversas disciplinas, como Geografia, Matemática e Educação Física e, ponderamos sobre o expressivo número de publicações na área de Ciências (Física, Química e Biologia). Importante esclarecer que o número de publicações da Quadro 3, quando somado, não resulta em 39 por conta da presença de diferentes tópicos, de diferentes disciplinas, em uma mesma publicação. Principalmente no que diz respeito a Ciências, em que muitas vezes há a presença de tópicos de Biologia, Física e Química em um mesmo estudo, a exemplo de Mavhunga e Merwe (2020), Kellner *et al.* (2011) e Kind (2017).

Outro importante resultado encontrado nesta análise centra-se na diversidade de tópicos de Química investigados e no número de publicações que envolvem pelo menos um destes tópicos (QUADRO 3). Quase metade das publicações analisadas – 19 das 39 – envolve pelo menos um tópico de Química, o que pode demonstrar a consolidação do construto neste campo disciplinar de pesquisa.

Quadro 3 - Relações de tópicos específicos e disciplinas encontradas nas publicações analisadas.

Disciplina	Tópicos Explorados	Número de publicações
Ciências/Biologia	DNA; Síntese proteica; Evolução; Fotossíntese; Hereditariedade; Genética; Seleção Natural; Crescimento de Plantas.	9
Ciências/Física	Eletrostática; Luz; Gases; Calor e temperatura; Fluxo de corrente contínua; Semicondutores; Eletrostática; Conceito de Força; Primeira lei de Newton; Gráficos de movimento; Modelos do Sistema Solar e do Universo.	8
Ciências/Química	Estequiometria; Natureza particulada da matéria; Gases; Reações químicas; Células galvânicas; Densidade; Química Orgânica; Células eletroquímicas; Reações nucleares; Cromatografia em camada delgada; Equilíbrio Químico; Taxa de reação.	19
Educação física	Jogos.	1
Geografia	Riscos naturais; Gestão de captação; Formas de relevo e paisagens; Conectando pessoas a lugares; Processos costeiros; impacto da vida humana na Grande Barreira dos Corais.	1
Matemática	Padrões numéricos; Dinâmica de mercado; Equações.	3
Tecnologia	Tecnologias na educação.	2

Fonte: Autoria própria.

A partir do Quadro 3, emerge outro debate já iniciado por pesquisadores, a exemplo de Goes (2014): a necessidade do desenvolvimento de pesquisas no campo teórico do TSPCK. Apenas duas das 39 publicações analisadas são publicações de natureza teórica, frente a 37 publicações de natureza empírica. A diversidade de conceituações a respeito do construto – bem com a variedade de modelos e bases de conhecimentos profissionais diferentes – presentes na literatura científica, dentre muitas coisas, sinaliza a falta de clareza e a necessidade do desenvolvimento de estudos teóricos para elucidar melhor a natureza do TSPCK.

5.2 O CONHECIMENTO PROFISSIONAL DE ESTEQUIOMETRIA DOS PARTICIPANTES

A partir da coleta de dados, apresentamos os resultados, análise e discussão, que consideram as manifestações das bases de conhecimento profissional que emergiram destes dados. Ressaltamos que tais bases e a discussão destas manifestações fundamentam-se na breve descrição proposta por Azam (2019), presente no Quadro 1 desta dissertação.

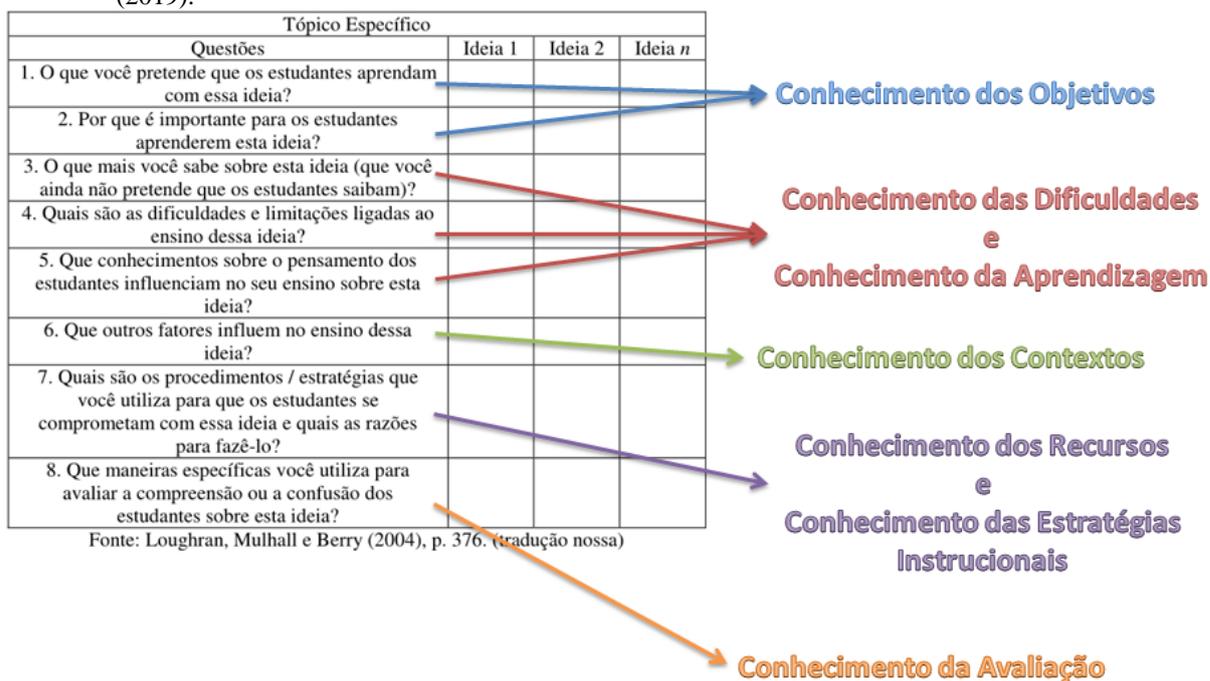
A primeira entrevista semiestruturada foi realizada com os quatro participantes da pesquisa entre os meses de fevereiro e maio de 2021, com duração média de 40 minutos e roteiro de entrevista constante do Apêndice A. A partir da fragmentação do *corpus* obtido da transcrição destas entrevistas, buscamos identificar as unidades de registro e as unidades de contexto, como discutido no referencial teórico, para posterior categorização destes dados.

A partir da realização da primeira entrevista semiestruturada, solicitamos aos professores participantes que preenchessem o instrumento CoRe (ANEXO A) – e estes o fizeram entre o mês de fevereiro e junho de 2021 – e, a partir dos dados obtidos, sintetizamos as respostas dos professores P1 a P4 nos Apêndices C, D, E e F, respectivamente.

Considerando a liberdade dos participantes em elencar as três ideias mais importante para o ensino de estequiometria, é possível perceber a diversidade dessas ideias, bem como estabelecer algumas comparações entre ideias semelhantes propostas pelos professores. P1, por exemplo, demonstra uma relação muito maior com a natureza matemática que podem servir como base para os conhecimentos de estequiometria enquanto P3 e P4 inserem suas ideias na forma de conceitos que devem ser trabalhados ao longo desse conteúdo. De forma geral, a resolução de exercícios, a resolução de problemas, o trabalho em duplas ou em grupos e a contextualização estão presentes e foram categorizados como estratégias de ensino ou de avaliação, a partir dos dados coletados. No que tange às dificuldades ligadas ao ensino das ideias propostas, notamos que os professores relacionam a dificuldade de aprendizagem que os estudantes costumam apresentar ao invés de dificuldades ligadas ao ensino, prevalecendo sobre quaisquer outras possibilidades.

Para efeitos de fragmentação do CoRe, as unidades de registro foram analisadas a partir das unidades de contexto descritas na Figura 7. As relações entre o CoRe e as bases de conhecimento profissional do tópico estequiometria, representadas na imagem, foram concebidas *a priori* e, a partir desta concepção, os dados presentes nos Apêndices C a F foram fragmentados e categorizados para serem discutidos nas próximas subseções.

Figura 7 - Relações entre a Representação de Conteúdo e as bases de conhecimento profissional de Azam (2019).



Fonte: autoria própria

A segunda entrevista semiestruturada ocorreu, com cada um dos participantes, entre os meses de maio e agosto de 2021. O tempo médio de duração desta etapa de coleta foi de 30 minutos e o roteiro utilizado como base para a entrevista está presente no Apêndice B. As entrevistas foram, então, transcritas para posterior análise, partindo da fragmentação e obtenção das unidades de registro e de contexto, categorização e discussão. A seguir, apresentamos as manifestações do Conhecimento Profissional de Estequiometria, de acordo com cada categoria baseada nos componentes propostos no modelo de trabalho de Azam (2019).

5.2.1 Conhecimento do currículo

Para embasar as discussões acerca do conhecimento do currículo a partir do referencial teórico adotado como sendo “as visões e entendimentos do currículo de Ciências relacionadas à um tópico específico”, apresentamos um breve histórico acerca da construção do currículo no contexto da educação mineira (AZAM, 2019, p. 287, tradução nossa).

Em vigor desde antes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o Conteúdo Básico Comum (CBC) de Química foi idealizado pelo governo do estado de Minas Gerais a partir de 2002, culminando em uma primeira versão online em 2006, construída por um grupo

de pesquisadoras da área de Química e discutida com professores de Química da educação básica mineira (MINAS GERAIS, 2008).

Baseado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), o CBC de Química trazia consigo os Conteúdos Básicos Comuns e os Conteúdos Complementares de Química, com três eixos temáticos: materiais, modelos e energia. Os Conteúdos Básicos Comuns, de acordo com a proposta, deveriam ser trabalhados durante o 1º ano do Ensino Médio; já os Conteúdos Complementares, a partir do 2º e 3º anos do Ensino Médio. A proposta continha, ainda, uma série de orientações acerca das formas de abordagem, dos focos conceituais e das teorias da aprendizagem para fundamentar o planejamento do professor (MINAS GERAIS, 2008).

O CBC foi considerado o currículo mineiro para o Ensino Médio até o início do segundo trimestre de 2021 no qual, motivado pela construção da BNCC, o governo mineiro lançou o Currículo Referência do Ensino Médio de Minas Gerais (CRMG) e, com isso, algumas questões importantes para esta pesquisa merecem ser debatidas.

Primeiramente, pontuamos que o conteúdo de estequiometria não era previsto no CBC de Química, que vigorava até o momento do início da coleta de dados da presente pesquisa. Embora não constatada a previsão do conteúdo de estequiometria no CBC, esta pode ser encontrada, como forma de exemplificação, na seção de “Conhecimentos de Química” do PCN de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, notadamente: “[...] Analisando o boletim de produção de uma siderúrgica, pode-se entender o rendimento de um processo industrial e associá-lo ao rendimento baseado na *estequiometria*.” (BRASIL, 2000, p. 37, grifo nosso).

Na BNCC, é possível perceber a previsão do conteúdo de estequiometria, nomeadamente na Competência Específica 1 de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias no Ensino médio:

[...] os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades e de limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e conscientes diante dos diversos desafios contemporâneos. Dessa maneira, podem mobilizar estudos referentes a: estrutura da matéria; transformações químicas; leis ponderais; *cálculo estequiométrico* [...]. (BRASIL, 2018, p. 540, grifo nosso)

O CRMG, construído a partir da BNCC desde o início do ano de 2019, carrega consigo as competências específicas previstas no documento nacional de maneira ainda mais detalhada. O conteúdo de estequiometria, objeto da presente investigação, é citado quatro

vezes ao longo do documento, sendo uma vez na introdução do campo disciplinar da Química:

[...] Na competência específica 1, o estudante poderá agir de maneira reflexiva e consciente quanto ao uso dos recursos naturais e seu consumo. Podem ser trabalhadas aqui, por exemplo, as transformações químicas dos pontos de vista teórico e prático, as leis ponderais, *cálculos estequiométricos* [...]. (MINAS GERAIS, 2021, p. 182, grifo nosso)

Apesar de referir-se exclusivamente à competência específica 1, o conteúdo de estequiometria é previsto como parte do desenvolvimento das duas primeiras competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, dentre as três existentes no documento.

Quadro 4 - Competências, habilidades e unidades temáticas previstas no CRMG que apresentam como objeto de conhecimento o conteúdo de estequiometria.

Competência Específica	Habilidade	Unidade Temática	Objeto de conhecimento
1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.	(EMCNT101X) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	Matéria e Energia	Transformações físicas e químicas; conceito e representação das reações químicas; Leis ponderais; quantidade de matéria e suas relações; constituição da matéria; simbologia do átomo; estequiometria; [...].
2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.	(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências. (EM13CNT210MG) Reconhecer as leis da natureza, identificar suas ocorrências, avaliar suas aplicações em processos tecnológicos e elaborar hipóteses de procedimentos para a exploração do Cosmos e do planeta Terra.	Vida, Terra e Cosmos	Modelo atômico atual; relação de tempo e espaço; aceleradores de partícula; obtenção e produção de metais; composição e extração de minerais; modelo cinético molecular; fatores que afetam a velocidade de reação e os impactos industriais; estequiometria. Transformações físicas e químicas; reações químicas; leis ponderais; estequiometria; aplicação industrial de diversas áreas.

Fonte: Currículo Referência do Ensino Médio de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2021).

De acordo com o CRMG, os cálculos estequiométricos são objeto de conhecimento dos eixos “Matéria e energia” e “Vida, Terra e Cosmos” para o desenvolvimento das habilidades EM13CNT101X, EM13CNT205 e EM13CNT210MG, sendo esta uma habilidade específica inserida especialmente no currículo mineiro, ou seja, não prevista inicialmente na BNCC. No Quadro 4 apresentamos cada uma dessas habilidades, extraídas do documento mineiro.

A partir da fundamentação anterior, analisaremos alguns resultados obtidos por esta primeira fase da coleta dos dados. Primeiramente, quando questionados sobre a existência de algum currículo que orientasse sua prática pedagógica, todos os participantes reconheceram a existência do CBC. Apenas a professora P3 mencionou o CRMG, ainda não publicado à época da entrevista: “O CBC que eu falo é aquele mais antigo que eu uso, viu? Que eu não consegui baixar o currículo novo ainda...” (P3).

A partir deste reconhecimento, os professores participantes foram questionados se utilizavam o CBC para planejar suas práticas pedagógicas. Apenas P1 afirmou não se basear no documento:

Digamos que sim, apesar de eu não usar o CBC, né, mas, digamos que sim, porque o conteúdo do livro já está contido no CBC. [...] Pra mim [o CBC] não serve de nada. [...] Não me norteio por ele, apesar de que quando eu digo que o livro está contido no CBC, cê sabe disso. Se você olhar lá no índice do livro, “Capítulo 1 – Transformações Químicas”, você vai achar lá no CBC bem resumidinho lá, tal [...]. (P1 – Primeira entrevista semiestruturada).

Sobre a previsão do ensino do conteúdo de estequiometria no CBC, a partir da pergunta “Caso tenha respondido afirmativamente a questão sobre a utilização do currículo básico de Química, qual a previsão do tema estequiometria nestes documentos?”, trazemos os excertos presentes na Figura 8:

Figura 8 - Excertos da transcrição da primeira entrevista semiestruturada dos participantes, com relação à previsão do conteúdo de estequiometria no CBC.

“Eu tenho mais ou menos na cabeça o que tem no livro. Agora, no CBC em si eu creio que o que tá no livro vai estar ali no CBC” (P1)

“Especificamente estequiometria, não. Eu não me recordo, pelo menos desse termo estequiometria não. Fala-se muito em reações químicas, transformações, mas, eu não me recordo, em nenhum momento, de ter encontrado essa palavra estequiometria no CBC.” (P2)

“Não. Eu lembro de falar de Avogadro. Eu lembro sim, tem um ‘topicozinho’, mas é muito pequeno. Se eu não me engano, tem duas habilidades que o contempla: cálculo do número de Avogadro e mais alguma coisa que eu não me lembro. Eu não vejo aparecer [o termo estequiometria]...” (P3)

“[...] assim, eu já trabalhei, preparei o planejamento de acordo com estequiometria, mas, agora eu não sei certinho se tem ali realmente a palavra estequiometria.” (P4)

Fonte: Dados da primeira entrevista semiestruturada

Como já apontamos no início desta seção, os termos “estequiometria” ou “cálculo estequiométrico” não estão contemplados no CBC de Química. Portanto, a fala de P3 demonstra um alinhamento mais aprofundado entre o planejamento da prática pedagógica e a utilização do documento orientador, pois, de fato, há dois tópicos/habilidades previstas no “Tema 6 – Medidas e quantidades dos materiais”, quais sejam as habilidades 19.1 e 19.2, que se referem especificamente ao tópico “quantidade de matéria”, presente no eixo “19. Materiais: Quantidade de matéria” (MINAS GERAIS, 2008, p. 52). Por outro lado, parece haver um distanciamento de P1 e P4 com relação ao currículo, uma vez que P1 explicitou não utilizar o CBC como documento orientador e P4, apesar de ter lecionado o conteúdo, não se recorda se há ou não a previsão dele no CBC.

Com relação ao ensino do tópico, percebemos que os professores participantes consideram necessária a abordagem do conteúdo na educação básica apesar da sua ausência no documento orientador, uma vez que na primeira entrevista semiestruturada todos os participantes afirmaram que ser importante o ensino do conteúdo no ensino médio. Diante disso, trazemos as ideias construídas por Basil Bernstein (2003) sobre o sentido de controle e dominação do Campo Oficial de Recontextualização (COR) e o seus possíveis embates com o Campo de Recontextualização Pedagógica (CRP), bastante presente no excerto da transcrição de P2, a seguir:

[...] fala-se muito em reações químicas, transformações, mas, eu não me recordo, em nenhum momento, de ter encontrado essa palavra estequiometria, no CBC. Tanto é, que nas vezes em que trabalhei o conteúdo na educação básica pública, foi tentando adaptar e partindo do ponto dessa rebeldia. Não tinha lá, mas, eu queria trabalhar e era trabalhado. (P2, primeira entrevista semiestruturada)

Ou seja, entendemos que a supressão do tópico de estequiometria no âmbito do COR, conforme evidenciada a sua ausência no CBC descrita anteriormente, é revertida a partir deste embate presente na fala de P2 enquanto sujeito pertencente ao CRP. Reconhecemos na fala de P2, também, a diferenciação realizada entre o COR que prevalece na educação básica pública e o COR no âmbito organizacional da educação básica privada que, por sua vez, sugere a consolidação deste conteúdo no currículo da escola privada.

Quando perguntados em qual(ais) série(s) do Ensino Médio costumam ensinar o conteúdo de estequiometria, todos os professores participantes da pesquisa afirmaram ensinar tal conteúdo no 2º ano do Ensino Médio e, aqui, questionamos sobre este consenso na metodologia de trabalho dos participantes da pesquisa, uma vez que o CBC, citado como documento orientador por todos eles, não prevê sequer o ensino deste conteúdo na educação

básica: a partir de quais pressupostos os professores investigados consideraram a adequação do conteúdo de estequiometria para esta etapa do ensino médio?

Nossa inferência é que tal incorporação/apropriação dos professores participantes fosse a partir da presença deste conteúdo nos livros didáticos utilizados por estes profissionais no cotidiano da sala de aula. Existem duas perspectivas que devem ser apresentadas sobre este aspecto: um cenário pré-pandemia, a partir da utilização dos livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 – ainda vigente no período que construímos esta dissertação – e um cenário da situação pandêmica, em que o estado de Minas Gerais adotou, no âmbito do Regime de Atividades Não Presenciais (REANP), os Planos de Estudos Tutorados (PET), em vigor desde o primeiro semestre de 2020.

De um lado, ao consultarmos o Guia de livros didáticos do PNLD de Química de 2018 percebemos que, mesmo nas coleções aprovadas no âmbito do Programa, não há consenso a respeito do conteúdo de cálculos estequiométricos nos livros didáticos, conforme apresentamos no Quadro 5. Embora não haja consenso, a maioria das coleções aprovadas (quatro delas), de fato, consideram o conteúdo nos capítulos finais do Volume 1 da coleção, enquanto duas coleções contemplam os cálculos estequiométricos no início do Volume 2 da coleção.

Quadro 5 - O conteúdo de cálculo estequiométrico nas obras aprovadas no PNLD 2018.

Título da Obra	Volume 1	Volume 2	Volume 3
Química (2ª edição, Editora Ática)		X	
Química (3ª edição, Editora Scipione)	X		
Ser Protagonista – Química (3ª edição, Editora SM)	X		
Vivá – Química (1ª edição, Editora Positivo)	X		
Química (1ª edição, Editora Moderna)	X		
Química Cidadã (3ª edição, Editora AJS)		X	

Fonte: autoria própria, com base no Guia de Livros Didáticos Ensino Médio – PNLD 2018 – Química (Brasil, 2017).

De outro lado, no âmbito do REANP, o estado de Minas Gerais, nos anos de 2020 e 2021, iniciou o trabalho com os PET e, com isso, algo que merece destaque nessa perspectiva é a universalização do currículo mineiro através destes PET. Porém, no ano de 2020 – com o CBC ainda em vigor – o governo de Minas não reproduziu a temática de cálculos estequiométricos de maneira explícita, junto ao conteúdo de “quantidade de matéria” no Volume 1 do PET. Já em 2021, com a vigência do CRMG, o Volume 2 do PET contemplou habilidades tanto do CBC quanto do CRMG, em que pode ser observado o conteúdo de “Quantidade de matéria” – baseado no CBC – na Semana 1 do Plano e, na Semana 2, o conteúdo de “Estequiometria”, baseado na habilidade prevista do CRMG.

Portanto, nossa inferência inicial foi que o consenso entre os professores, referido anteriormente, possa ter sido influenciado pela questão dos livros didáticos adotados e, de maneira mais profunda, que o conteúdo de estequiometria seja, a partir deste momento, melhor sistematizado no âmbito do currículo mineiro como um todo.

Para o instrumento CoRe, P2 considera “reações químicas”, “proporcionalidade” e “regra de três” como as principais ideias para se desenvolver o tópico estequiometria. A primeira das ideias relaciona-se diretamente com as habilidades apontadas no Quadro 4 desta seção e a segunda menciona grandezas como “massa”, “número de mols” e “volume” que podem ser úteis para se desenvolver no educando a habilidade de realizar previsões sobre o comportamento de transformações e conservações em situações cotidianas, algo também citado por P1 ao descrever as estratégias na questão 7 da Representação. P1, na Representação de conteúdo, cita “notação científica”, “operações matemáticas” e “proporções” como as principais ideias para o desenvolvimento do tópico e, desta vez, o que percebemos é uma concordância maior com o que propõe o Currículo Mineiro para a terceira citação, uma vez que o professor explicita no documento que “entender que a quantidade de matéria nos reagentes é proporcional à quantidade nos produtos” seja “indispensável na montagem e interpretação das reações químicas”, o que nos fornece indícios de desenvolvimento de “analisar transformações”, “realizar previsões”, “interpretar resultados” e “reconhecer leis da natureza”, embora apenas a parte interpretativa tenha sido literalmente expressa pelo professor. A primeira ideia, segundo P1, serviria como um facilitador na compreensão “do conceito de número de Avogadro”, uma das constantes que também se relaciona diretamente com o tópico investigado.

Ainda sobre o CoRe, P3 cita relações que envolvam “cálculos teóricos e reações”, “processos industriais” e “meio ambiente” dentre as três principais ideias para o desenvolvimento do conteúdo de estequiometria. Além das mesmas relações com as habilidades anteriormente citadas – como, por exemplo, o uso de grandezas e suas relações para interpretar, analisar e realizar previsões para fenômenos químicos – destacamos também a relação direta com os “processos” e com o “meio ambiente” que, de certa forma, nos remetem à ideia de se desenvolver no educando habilidades relacionadas à “avaliar aplicações das transformações em processos tecnológicos” ou “realizar previsões sobre seus comportamentos – neste caso, o comportamento das reações – em situações cotidianas e em processos produtivos” e, mais, “que priorizem o desenvolvimento sustentável” que, de forma

geral, abrange parte mais expressiva das habilidades propostas pelo documento mineiro em relação às expectativas para a formação dos estudantes.

P4, por sua vez, cita as “leis ponderais, equações químicas, reagentes e produtos”, “porcentagens de reagentes e produtos em uma reação” e “balanceamento e número de mols em uma reação” como parte das três principais ideias solicitadas no CoRe. Embora P4 tenha utilizado o termo “observação” e “indicação” na Representação de Conteúdo, vemos uma relação muito mais próxima à interpretação dos fenômenos a partir das ideias propostas. Quanto à terceira ideia há, de forma literal, a ação de “analisar” quantidades de produtos gerados, o que se relaciona diretamente com as habilidades previstas no CRMG. Outra questão que merece ser discutida aqui se relaciona com a explicitação das Leis Ponderais por P4, que pode oferecer expectativa de desenvolvimento dos estudantes em relação a “reconhecer as leis da natureza”, também previstas no documento.

Retomando a ideia do consenso dos professores com relação ao ensino de estequiometria na 2ª série do Ensino Médio, decidimos investigar na segunda entrevista o porquê de eles lecionarem o conteúdo nesta etapa especificamente. Os excertos das transcrições são apresentados na Figura 9, a seguir:

Figura 9 - Respostas dos participantes acerca do motivo de ensinar estequiometria na segunda série do Ensino Médio.

“No segundo, porque [...] eu conseguiria ver o que eu preciso no primeiro ano. Eu acho que físico-química deve ser aprendida no segundo e química orgânica no terceiro. Então você pega um geralzão no primeiro ano, né, átomo, modelo atômico, tabela periódica, você vai avançando ali... começa com misturas, tal, apresentando os elementos, combinação de elementos, tal, número atômico, massa molar, massa atômica e no segundo ano já dá pra você usar esses conceitos, de massa molar, de massa atômica e introduzir. [...] Aí já dá pra entrar em cálculo estequiométrico, ele [o estudante] já tem um conhecimento bacana que você precisa, como moléculas, átomos, massa atômica, massa molecular, aí é entrar com cálculo.” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“[...]eu costumava trabalhar estequiometria no início na segunda série porque aí por conta de já ter sido trabalhado a questão das reações no finalzinho do primeiro ano, eu iniciava fazendo uma recapitulação sobre este tópico e já engatava ali na questão dos cálculos químicos, teoria atômico molecular e fechava que culminava no cálculo estequiométrico em si.” (P2, primeira entrevista semiestruturada); *“Por que eu, particularmente, trabalho essa sequência aí? Por julgar que pra você aprender estequiometria, o conceito chave seria o de reações.”* (P2, segunda entrevista semiestruturada)

“Primeiro devido ao conhecimento que esse aluno vai adquirindo no decorrer até chegar no final do primeiro ano e o conhecimento que ele adquire no início do segundo ano, então eu acho que ele tem mais maturidade para poder entender esse conteúdo no segundo. Maturidade de conhecimento mesmo, até aqueles tópicos que eu coloquei lá no CoRe, sabe, balanceamento, compreender o que é uma equação química, os componentes da reação química...” (P3, segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: dados da primeira e segunda entrevistas semiestruturadas.

A partir dos excertos, é possível perceber que os participantes associam à maturidade do estudante e ao seu próprio desenvolvimento no âmbito do conhecimento químico da educação básica, a necessidade em se trabalhar com o tópico na segunda série do Ensino Médio. Embora P4 tenha afirmado no âmbito da primeira entrevista semiestruturada que

costuma trabalhar o tópico nesta etapa da educação básica, essa questão do porquê não foi explicitada no âmbito de nossa coleta de dados, mas todos os outros participantes afirmaram – mesmo que de maneiras diferentes – que existem conceitos e conhecimentos que sejam necessários ser desenvolvidos ao longo da primeira série do Ensino Médio para que seja possível ensinar estequiometria na segunda série.

5.2.2 Conhecimento dos objetivos

Com relação a esta base de conhecimento profissional, tomando por referência a descrição de Azam (2019, p. 287, tradução nossa), qual seja “Objetivos de ensinar determinado tópico de ciências”, questionamos os professores participantes acerca de porquê/qual a importância de se ensinar estequiometria no Ensino Médio e os excertos das transcrições relacionados à esta questão estão dispostos na Figura 10.

Figura 10 - Respostas dos participantes acerca da importância do ensino de estequiometria no Ensino Médio.

“[...] eu acho que desenvolve muito o raciocínio. E relacionar o que com o quê, sabe? A massa molar com a massa que foi dada, o quê que tá pedindo, então eu acho que é muito importante, você relaciona raciocínio, relaciona matemática, acho importantíssimo.” (P1)

“[...] eu acho importante se ensinar e não deixar este tópico de lado na educação básica porque no âmbito da Química, como um todo, é um dos principais assuntos que uma pessoa que gosta ou que tenha certa afeição por esta ciência precisa conhecer. Então, todas as áreas da Química, em determinados momentos, podem ter um cálculo estequiométrico envolvido, então, eu acho que a importância, ela vai para além da contextualização, ela é uma importância mais centrada no aspecto da ciência Química em si, que é algo mais abrangente.” (P2)

“Assim, tudo é importante, né? Mas, é, assim, eu não consigo atribuir uma importância específica, entendeu” (P3)

“Ah, é muito importante sim o estudo de estequiometria porque, assim, é, vê um pouco né, a relação de proporções, eu acho que, ah, em questão do balanceamento, então tudo isso dali segue pra poder completar um conteúdo ao outro, né?” (P4)

Fonte: Dados da primeira entrevista semiestruturada.

De acordo com os excertos presentes na Figura 10, é possível perceber certa superficialidade dos objetivos de ensino e da importância do conteúdo de estequiometria para a educação básica. A começar por P3 que, no momento da primeira entrevista, não soube atribuir importância ou objetivos específicos para o ensino de estequiometria, o que sugere pouca construção de seu perfil profissional a respeito desta base de conhecimento. Ao preencher o instrumento CoRe, porém, P3 apresenta objetivos de ensino bastante específicos e intimamente relacionados às competências específicas e habilidades propostas no CRMG e destacadas no Quadro 4, levando em conta a conscientização sobre a quantidade de gases poluentes produzida a partir de determinada reação química, os processos industriais que ocorrem a partir de reações químicas e sua relação com quantidades de moléculas e, por fim, a relação entre cálculos teóricos e sua relação com tais processos.

P1 relaciona a importância do conteúdo ao desenvolvimento de competências outras que não são do campo da Química e sim da natureza interdisciplinar que esta ciência exata exige, por exemplo, a possibilidade de desenvolver melhor conhecimentos relacionados ao raciocínio e à matemática como um objetivo de ensino da estequiometria, o que também sugere pouca construção de seu perfil profissional para esta base de conhecimento. No CoRe, P1 mantém este mesmo entendimento, destacando que as ideias de Notação Científica – valioso para desenvolver formas de escrever números muito grandes ou muito pequenos – e Operações Matemáticas – importante para a resolução dos cálculos envolvidos no conteúdo de estequiometria – são ideias centrais para o desenvolvimento do tópico em sala de aula, além da ideia de proporcionalidade – importante para montar e interpretar equações químicas – que podem refletir a predominância dos aspectos quantitativos sobre os qualitativos deste conteúdo.

P2 e P4, por outro lado, relacionam a importância do ensino de estequiometria à própria ciência Química, porém, em diferentes dimensões e profundidade, sendo a relação de P4 estritamente relacionada aos conceitos de proporcionalidade e balanceamento e, P2, para além da contextualização, ou seja, de forma a incorporar este conteúdo como um conhecimento necessário à aprendizagem de outros que são desenvolvidos em muitos tópicos da Química. Quando da construção do CoRe, P2 considerou as ideias “reações químicas”, “proporcionalidade” e “regra de três” importantes para a compreensão dos fenômenos químicos, para estabelecer relações de proporcionalidade entre grandezas e para resolver problemas envolvendo o conteúdo de estequiometria utilizando a regra de três como uma ferramenta importante para facilitar a realização dos cálculos, respectivamente. Ou seja, embora P2 tenha reconhecido, na primeira entrevista, a importância da estequiometria para diversos campos da Química, esta construção não aparece no âmbito de sua representação de conteúdo, o que se restringe muito mais à dimensão explicitada por P4 na primeira entrevista. P4 evidencia os aspectos relacionados a proporções e balanceamento citados na primeira entrevista, bem como a questão de porcentagens, que têm como objetivos de ensino específicos a observação das quantidades, dos cálculos e das proporcionalidades de reagentes e produtos de uma reação.

A superficialidade acerca dos objetivos de ensino pode carregar consigo implicações para o desenvolvimento do conteúdo com vistas à abstração e transição entre as dimensões macroscópica, microscópica e simbólica de representação da matéria, como manifestado por Santos e Silva (2013), de modo a significar um obstáculo a ser superado. Mas, não só a

superficialidade das falas representadas nos excertos, o direcionamento excessivo e/ou unísono às questões de ordem lógico-matemática e raciocínio quantitativo pode criar condições para o desenvolvimento memorístico do conteúdo, na forma apontada por Miglito (2005). Além disso, os objetivos de ensino explicitados e discutidos nessa seção podem, ainda, contribuir para a construção de um conhecimento químico fragmentado, esvaziado de significados para além de aprender o conteúdo com uma finalidade no próprio conteúdo.

Tais resultados podem encontrar explicação na própria falta de definição de objetivos claros e precisos para o ensino de estequiometria no âmbito do CBC e, diante disso, há elementos que podem corroborar para o desenvolvimento da consciência explícita acerca dos objetivos de ensino do referido conteúdo, como a presença do tópico no CRMG junto às habilidades específicas que devem ser buscadas no desenvolvimento do educando. Consideramos como adequado o desenvolvimento da base de conhecimento dos objetivos de ensino para a estequiometria dos professores que permite relacionar estes objetivos às competências específicas a serem desenvolvidas que estão previstas no currículo (QUADRO 3) – o que foi possível reconhecer a partir da construção da Representação de Conteúdo por P3 – ou, então, intimamente relacionadas aos tópicos/habilidades previstos no CBC. E, de forma mais aprofundada, que os participantes pudessem relacionar a aprendizagem de estequiometria no âmbito do contexto dos estudantes ou para um contexto social mais abrangente, crítico e autônomo, de forma a justificar a plausibilidade do ensino desta temática no âmbito da educação básica em nível médio ou, ainda, considerando os princípios e preceitos legislativos para a educação brasileira previstos na LDB.

Destacamos a mudança de perfil para estabelecer objetivos de ensino específicos para o tópico de estequiometria de P3, possivelmente explicada pelo contexto formativo em que se encontra e explicitada no âmbito da segunda entrevista semiestruturada, enquanto uma transformação da base de conhecimento profissional dos objetivos na base do conhecimento do conteúdo. Ou seja, um processo de especificação, como proposto por Azam (2019), uma vez que os objetivos de ensino construídos na Representação de Conteúdo de P3 foram concebidos em meio à uma experiência vivida no âmbito de uma prática de estágio com o tópico investigado.

Além das aproximações com o currículo mineiro, comentadas no item 5.2.1, gostaríamos de retomar as ações previstas pelos participantes e/ou argumentada pelos pesquisadores no desenvolvimento de objetivos de ensino do conteúdo. “Analisar”, “interpretar”, “reconhecer”, “observar”, “realizar previsões” são algumas das ações que estão

intimamente relacionadas ao desenvolvimento das habilidades comentadas naquela seção. Dessa forma, inferimos que os participantes da pesquisa demonstram pouca apropriação dos objetivos de ensino relacionados ao tópico de estequiometria. Destacamos maior robustez demonstrada no CoRe construído por P3, que mesmo admitindo não ter tido contato com o CRMG, consegue propor uma Representação de Conteúdo que aproxime diferentes elementos incorporados no currículo e que corroboram para certa fluidez nos objetivos de ensino, que se relacionam com o comportamento das transformações em situações cotidianas, em processos produtivos, no uso consciente de recursos naturais e que priorizam o desenvolvimento sustentável, previsto em diferentes habilidades do documento.

De forma geral, a partir dos dados coletados, o que se depreende é que há pouca clareza dos objetivos de ensino por parte dos participantes, no sentido em que seja necessária a reflexão dos motivos pelos quais se constroem os conceitos relacionados à estequiometria em sala de aula na educação básica, visando a integração curricular na construção de um saber não fragmentado.

5.2.3 Conhecimento de recursos

Na dimensão do Conhecimento dos Recursos, procuramos identificar quais os recursos utilizados pelos professores participantes na perspectiva do ensino do tópico de estequiometria. Segundo a descrição proposta por Azam (2019, p. 287, tradução nossa), o Conhecimento de Recursos compreende o “conhecimento e uso de recursos de ensino para lecionar um tópico específico de Ciências”. Segundo Carolei *et al.* (2017, p. 2), “os recursos são materiais utilizados no processo de ensino, como por exemplo os livros, textos, materiais pedagógicos e até mesmo os jogos físicos como os de tabuleiros e cartas”. Freitas (2013, p. 32) aponta:

também conhecidos como ‘recursos’ ou ‘tecnologias educacionais’, os materiais e equipamentos didáticos são todo e qualquer recurso utilizado em um procedimento de ensino, visando à estimulação do aluno e à sua aproximação do conteúdo.

Diante disso, o conhecimento dos recursos apresentado pelos professores nos mostra ser pouco desenvolvido, a partir dos excertos presentes na Figura 11, uma vez que apenas P2 relatou ter trabalhado com um recurso que não fosse tradicional. Ainda assim, podemos perceber os exercícios e livros didáticos como recursos predominantes no desenvolvimento do tópico de estequiometria.

Figura 11 - Excertos da primeira entrevista sobre as manifestações do Conhecimento de Recursos

“É, mais com resolução de exercícios. Focar na resolução, mostrar novamente o que você está explicando, relacionando com aonde vem os dados... é, eu não consigo nem ver muito como você fazer um experimento para cálculo estequiométrico. [...] Só se tivesse uma balança lá e o negócio fosse mudando... e falar que o 0,1 que passou dos reagentes lá e de repente virou um produto e a balança aumentar ou diminuir...” (P1)

“[...] não fugia desse contexto tradicionalista. Pra falar que eu pelo menos não tentei fazer algo diferente, eu me lembro que em uma das aulas de reações químicas e balanceamento, os meninos do PIBID conseguiram elaborar uma atividade experimental lá que desenvolvia um trabalho com miçangas, algo nesse sentido. Mas, é a única coisa que eu me lembro dentro desse contexto do cálculo estequiométrico que fugiu do ensino tradicional.” (P2)

“Só resolução de exercícios, [...] livro didático e internet mesmo, [...] essa parte eu um pouco falha... é, eu vou explicando [o cálculo estequiométrico] já com a resolução de exercícios... e, assim, eu costumo procurar uns exercícios mais contextualizados.” (P3)

“É, eu utilizo o CBC... o, CBC e livros didáticos, pesquisa em internet...” (P4)

Fonte: Dados obtidos da primeira entrevista semiestruturada.

Além disso, é possível perceber que o “ensino tradicional”, como descrito por P2 e no âmbito do conhecimento de recursos, é uma realidade no exercício da docência em estequiometria para todos os participantes da pesquisa, no sentido em que se apresentam a resolução de exercícios, utilização do livro didático e exercícios extraídos da internet e estes recursos, por sua vez, revelam-se mais propícios à manutenção da centralidade no papel do professor e da passividade no papel do aluno, de caráter altamente disciplinar e disciplinador, para trazer para a discussão o olhar de Saviani (1991), ou então a classificação da educação tradicional enquanto “educação bancária”, a dialogar com Freire (2005).

Os estudos de Usak *et al.* (2011) na Turquia, Malcom *et al.* (2019) e Makhechane e Qhobela (2019), ambos na África do Sul, trazem resultados semelhantes aos discutidos nesta dissertação a partir de uma pesquisa realizada no Brasil, o que nos leva a dialogar com Leão (1999) para creditar a ênfase tradicionalista às raízes da própria educação formal em nível mundial em um paradoxo ainda não superado.

Neste ponto, voltamos à questão dicotômica que provém da desarticulação teórico-prática: os participantes, licenciados em Química, durante sua formação inicial e/ou continuada, provavelmente tiveram contato com variados recursos para serem utilizados em sala de aula. Então, o que os leva a esta manutenção do ciclo vicioso para o ensino tradicional do tópico, como pontuado por Maldaner (1999)? Tal pergunta, ainda sem uma resposta, carrega consigo a perpetuação de um modelo de ensino que, possivelmente, os participantes conseguem conceber como inadequado, dado o contexto das falas dos professores P2 e P3, ao descrever uma experiência pedagógica de ensino de estequiometria que se diferenciou das demais e por admitir-se “um pouco falha”, respectivamente. Os resultados sugerem que o conhecimento de recursos manifesto pelos professores na primeira entrevista semiestruturada

é pouco desenvolvido ou minimamente subutilizado, uma vez que esse conhecimento se faz presente, mas, no âmbito da prática pedagógica, não se sustenta enquanto recurso de ensino.

Nossa análise do instrumento CoRe, para P1, revelou pouca mudança em relação ao explicitado no âmbito da primeira entrevista semiestruturada em termos de conhecimento de recursos. P1 explica que trabalha com estratégias do tipo resolução de exercícios e contextualização do assunto e insere duas limitações com relação a outros recursos: primeiro, uma concepção de terceiros de que não se deve utilizar a calculadora em sala de aula – no sentido de não concordar com essa concepção – e, além, a falta de recursos para o desenvolvimento de atividades experimentais. Isso sugere que P1 considera viável a utilização destes recursos para o desenvolvimento do tópico pesquisado. P2, em sua Representação, aponta a ausência de recursos para atividades experimentais como limitação para o ensino do tópico. P3, por sua vez, apresenta outro recurso enquanto possibilidade para se utilizar em sala de aula: o uso de textos introdutórios sobre o assunto a ser tratado. No CoRe de P4, não foi identificada a proposta de qualquer outro recurso além daqueles apontados anteriormente.

Na segunda entrevista semiestruturada, os professores foram questionados a respeito de quais seriam os melhores recursos e estratégias possíveis para se desenvolver o conteúdo de estequiometria em sala de aula e os excertos que se referem a este questionamento estão relacionados na Figura 12, a seguir:

Figura 12 - Excertos da segunda entrevista semiestruturada relacionados ao conhecimento de recursos.

“Resolução de exercício, uso de mídia, sim, com imagem, montar uma boa apresentação em PowerPoint com imagem, talvez com animação, laboratório, onde a gente possa fazer reações e explicar o resultado da reação, reagente...” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“Até hoje, no Estado especificamente, as minhas práticas [pedagógicas] de estequiometria foram muito poucas [...]. Dentro da experiência que eu tive de trabalhar estequiometria foi o ensino tradicionalíssimo, nem que foi tradicional, foi tradicionalíssimo.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

“[...] antes da pandemia não [utilizava outros recursos]. Só teórico mesmo, assim, quadro, lousa...” (P3, segunda entrevista semiestruturada)

“Uma aula bem ilustrativa a partir de gráficos igual aqueles de fatores [...], tabelas, por exemplo, na hora que eu for explicar lá Leis Ponderais, [...] a prática, no caso poderia estar fazendo alguma coisa pra eles poderem estar aprendendo ali a partir de um jeito divertido a estequiometria no dia-a-dia [...] a mistura de uma receita pra explicar pra eles que, numa determinada reação, se eu dobrasse o reagente, daria o dobro de produto e aí assim eu acho que tem muita coisa, eu acho que a estequiometria envolve muito é a prática, os experimentos mesmo.” (P4, segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: dados da segunda entrevista semiestruturada.

É possível reconhecer outros recursos citados pelos participantes na Figura 12, como o uso de mídias, imagens, aplicativos de apresentação de slides citados por P1 e gráficos, tabelas, e receitas citados por P4. Isso nos traz uma dimensão um pouco diferente dos recursos tradicionalmente utilizados e já explicitados da nossa coleta de dados. Outra questão que merece atenção – além da já citada atividade com miçangas exposta por P2 e, que também se

difere de um ensino ‘tradicionalíssimo’ como citado pelo mesmo participante – é o desenvolvimento do conteúdo a partir da análise de rótulos de embalagens e também de reportagens jornalísticas por P2 que, embora não tenha sido explicitada na resposta à pergunta sobre recursos e estratégias, fora citada em outro momento da segunda entrevista semiestruturada, ao qual destacamos o excerto presente na Figura 13:

Figura 13 - Excerto sobre o conhecimento de recursos por parte de P2.

“Teve uma reportagem o ano passado falando sobre adulteração de fertilizante. Aí eu peguei um dos rótulos lá desses fertilizantes adulterados e peguei os dados que ali tinham, massa do produto, qual era a principal substância química que tava ali e a porcentagem dessa substância, ou seja, eu tava trabalhando a questão do cálculo estequiométrico relacionada à pureza do material.[...] Uma outra que eu posso mencionar aqui também foi a adulteração, não de fertilizantes, mas a adulteração de bebida, cerveja. Teve um aluno que comentou, essa ideia já partiu de um aluno que comentou comigo sobre uma reportagem que ele tinha visto de adulteração de whisky. [...] Aí em cima dessa reação e como eles já estavam vendo a parte de química orgânica, eu fiz a ligação do cálculo estequiométrico com a química orgânica baseando-se na estrutura do amido. Então foi uma aula onde dois aspectos foram discutidos: a discussão em cima da orgânica e a do cálculo estequiométrico porque a ideia era se prever, nesse caso, o rendimento e a pureza daquele whisky, daquela bebida.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: dados da segunda entrevista semiestruturada.

Gostaríamos de discutir, também, a mudança de perfil apresentada por P1 que, no âmbito da segunda entrevista semiestruturada (excerto na Figura 12) explicita possibilidades de atividades experimentais enquanto recursos possíveis, contrastando aquilo que havia exposto na primeira entrevista semiestruturada (excerto na Figura 11). Nossa inferência é que, possivelmente, o (re)pensar e (re)planejar a prática pedagógica de estequiometria no momento de construção do CoRe possa ter proporcionado para P1 – através do acesso a informações disponíveis na literatura e de sua reflexão enquanto professor – o desenvolvimento desse componente do conhecimento profissional de forma a abranger novos recursos possíveis em sua prática.

Em se tratando desse componente, os recursos explicitados pelos professores no âmbito de sua prática pedagógica para o tópico estequiometria pouco contribuem para a transformação e/ou adequação do conteúdo com vistas a facilitar a compreensão dos estudantes. Há pouca contribuição para o ensino do conceito para além do plano simbólico/representacional por parte dos recursos relatados, o que subdimensiona o conhecimento químico do tópico em ações de memorização por parte dos estudantes, relegando as dimensões macro e microscópicas no desenvolvimento dos conceitos, estabelecendo uma relação com o exposto por Santos e Silva (2013). De outro modo, sobressaem os recursos citados por P1, P2 e P4 no âmbito da segunda entrevista como recursos que podem contribuir para romper com a ideia de memorização e valorização de uma

dimensão do conhecimento químico sobre as outras dimensões, conforme já discutido no item 3.3.

5.2.4 Conhecimento de estratégias instrucionais

Para esta base, consideramos os “repertórios de estratégias instrucionais para ensinar um tópico específico de Ciências” (AZAM, 2019 p. 287, tradução nossa) para inferir sobre o Conhecimento de Estratégias Instrucionais de Estequiometria. Primeiramente, explicitamos não se tratar de um conhecimento análogo ao Conhecimento de Recursos e, sim, complementar a ele. O professor pode conseguir êxito – ou não – utilizando a resolução de exercícios como um recurso na sala de aula, dependendo da estratégia de utilização desse recurso. A respeito disso, Carolei *et al.* (2017, p. 2) discutem que “estratégias pedagógicas consistem em pensar sequências didáticas e em todas as interações entre a ação do professor ou mediador e as atividades propostas aos alunos, incluindo formas de utilização dos recursos”. Da mesma forma, Freitas (2013, p. 25) define que “as estratégias de ensino são o modo de organizar o saber didático, apresentando diversas técnicas e recursos que possibilitem o alcance dos objetivos propostos para a atividade”.

Há, por exemplo, estratégias relacionadas à contextualização do ensino do tópico de estequiometria, mediante utilização de exercícios como recurso e isso pode ser percebido no excerto de P3, presente na Figura 11. Não só a contextualização, mas a própria resolução desses exercícios junto aos estudantes poderia ser considerada uma estratégia de ensino – embora controversa, possibilitando diversas implicações que contribuiriam para, por exemplo, o ensino memorístico e sem sentido ou o privilégio de uma sobre as demais dimensões de representação e interpretação da matéria como apresentado no item 3.3 – manifestada pelos professores no momento da primeira entrevista semiestruturada. Também estas estratégias, explicitadas no âmbito da primeira entrevista, carregam consigo um alinhamento tradicional do ensino e pouco contribui para o desenvolvimento deste componente do conhecimento profissional do tópico estequiometria, à exceção da atividade prática citada por P2, que pode incorporar consigo mais de uma dimensão do conhecimento químico, bem como contribuir efetivamente para facilitar a compreensão dos estudantes acerca de determinado conceito, o que podemos configurar enquanto uma manifestação do desenvolvimento do conhecimento profissional de P2.

A atividade prática relatada por P2 possivelmente foi concebida a partir da transformação do conhecimento do conteúdo nas bases de conhecimento de recursos e

estratégias instrucionais, ou seja, o Componente do Conhecimento Profissional do Tópico Específico (TSPKC) foi desenvolvido por meio do processo de interpretação, de acordo com o proposto por Azam (2019).

No CoRe, P1 traz, além da já citada resolução de exercícios, a contextualização como estratégia de ensino do tópico. P2, por sua vez, resgata a aproximação com o cotidiano dos estudantes ao mesmo tempo em que se familiarizam com aplicabilidades não tão usuais das transformações químicas para o dia-a-dia e, também, aponta a importância da experimentação para o ensino, reafirmando, ainda, a importância da contextualização.

P3, em sua Representação, propõe uma ambientalização² curricular do tópico, sugerindo uma reflexão sobre a prática a partir da perspectiva da sustentabilidade e da educação ambiental. Além disso, reafirma a resolução de problemas como estratégia – já citada na primeira entrevista. Por fim, é possível perceber a proposta de discussões em sala de aula como forma de incentivo ao engajamento dos estudantes para a aprendizagem do tema, uma estratégia que ainda não havia sido mencionada por P3 na primeira entrevista. P4, em seu CoRe, sugere a utilização de receitas como forma de se abordar o conteúdo. Além disso, P4 também propõe a aproximação com o dia-a-dia dos estudantes, bem como um estímulo à interação entre esses estudantes na forma de competições ou exercícios para serem resolvidos em duplas.

Dessa forma, reafirmando a construção do CoRe na perspectiva do (re)planejamento da prática pedagógica, novas propostas de estratégias foram apresentadas pelos participantes, o que demonstra um conhecimento tácito de estratégias que podem servir de base para modificações da prática docente, a partir dessa reflexão. Importante reconhecer que apesar de as narrativas da prática docente no âmbito da primeira entrevista semiestruturada pouco demonstrarem sobre o conhecimento de estratégias para o ensino do tópico pelos participantes, este se revela mais desenvolvido na reflexão e no (re)planejamento da prática, o que pode contribuir para que tais modificações possam ocorrer no âmbito da sala de aula, ao mesmo tempo em que exhibe a necessidade e preocupação de se pesquisar o porquê, nesses casos, do conhecimento dos participantes encontrar-se represado, recuado e cedendo lugar ao ensino tradicionalizado, bem como em que medida isso se reflete na docência de forma geral.

² Kitzmann e Asmus (2012, p. 270) definem a ambientalização curricular como “um processo de inovação que realiza mudanças no currículo através de intervenções que visam integrar temas socioambientais aos seus conteúdos e práticas”. Guerra e Figueiredo (2014, p. 111) definem que a ambientalização curricular “compreende a inserção de conhecimentos, critérios e de valores sociais, éticos estéticos e ambientais nos estudos e currículos [...] no sentido de educar para a sustentabilidade socioambiental”.

Para a discussão acerca da segunda entrevista semiestruturada, nossos dados sugerem ainda mais estratégias como propostas apresentadas pelos participantes, que constam da Figura 12 do item 5.2.3, como o fomento à interação dos estudantes citado por P4, o desenvolvimento de receitas culinárias em sala de aula como prática que possa contribuir para a construção do conceito de proporcionalidade, a estratégia de P2 de utilizar-se de reportagens locais como recursos para desenvolver o interesse dos estudantes para o estudo do conteúdo na Figura 13, sendo uma estratégia relatada na perspectiva da própria prática do participante.

Mais do que as várias estratégias emergidas dos dados dessa pesquisa, há uma delas que é comum a todos os participantes: a aproximação do conteúdo com o cotidiano, com o dia-a-dia dos estudantes, levantada pelos participantes ao longo do processo de coleta de dados da presente pesquisa. O conteúdo, no nosso entendimento a partir do modelo de Azam (2019), é transformado na base do conhecimento de estratégias dos participantes, sugerindo um processo de interpretação. O mesmo ocorre com a estratégia de contextualização do conteúdo, uma vez que ele é transformado na base de conhecimentos de estratégias, neste caso, a de contextualização. As outras estratégias que surgiram dos dados da pesquisa, como o fomento à interação, o trabalho em duplas, e a resolução de exercícios também podem, possivelmente, ser compreendidas na perspectiva do referencial adotado, como um processo de especificação, uma vez que o conhecimento dessas estratégias é transformado na base do conhecimento de conteúdo, de acordo com Azam (2019).

5.2.5 Conhecimento dos contextos

De acordo com Azam (2019, p. 287, tradução nossa), o Conhecimento dos Contextos compreende as “visões e ideias sobre lecionar um tópico específico de Ciências em vários contextos de ensino” e, neste sentido, exploramos uma perspectiva relacionada ao contexto da sala de aula, ao contexto da instituição de ensino, no que diz respeito às crenças dos professores relacionadas a estes contextos de ensino e sua relação com o ensino de estequiometria. Esta diferenciação se faz necessária em virtude da pluralidade de significados que a palavra “contexto” e sua relação com o termo “contextualização” assume, o que é bem representado no estudo de Wartha *et al.* (2013). Ou seja, quando nos referimos à contextualização do ensino de estequiometria, pressupomos uma das referências utilizadas para o conceito de contextualização nos documentos oficiais como os PCN, PCN+ e DCNEM que, conforme discutem Kato e Kawasaki (2011), tenha se utilizado do conceito de

“aprendizagem situada” elaborado por Stein (1998, *apud* KATO; KAWASAKI, 2013). Na perspectiva dos autores, Stein condiciona a “aprendizagem situada” enquanto “uma estratégia instrucional que busca relacionar a matéria escolar às necessidades dos aprendizes”. Wartha *et al.* (2013), ao resgatar várias definições para o termo “contextualização”, identificam considerações ao conceito enquanto recurso ou metodologia e, concluem ser necessário seu entendimento na qualidade de um princípio orientador.

Portanto, não estamos aqui a discordar do entendimento assentado por Wartha *et al.* (2013), mas, estritamente com a finalidade de classificação e categorização dos dados coletados, as unidades de registro que carregam o significado de contextualização foram categorizadas como “Conhecimento de Estratégias” e isso diferencia-se, semanticamente, da categoria “Conhecimento dos Contextos”, em que os excertos que explicitam tais manifestações estão descritos na Figura 14.

Figura 14 - Excertos relacionados ao Conhecimento dos Contextos.

“Eu nunca dei aula desse trem [estequiometria]... [...] não, com alunos não. Eu não cheguei a aprofundar em cálculo estequiométrico. Ou eu dei aula no primeiro ano, ou no terceiro ano, segundo ano geralmente não cheguei nesse conteúdo. Porque começava por funções inorgânicas e ia indo aos poucos aí, provavelmente no final que ia ficar cálculo estequiométrico e as outras partes de físico-química.” (P1)

“[...] faz alguns anos que na educação pública eu não trabalho estequiometria. Acho que desde 2019, quando eu fui pro ensino noturno. No noturno, ensinar estequiometria eu acho que... é algo que se não for inviável é um desafio extra. Se no diurno, no regular já é um desafio e tanto, no noturno você multiplica isso por dois.” (P2)

“[...] já faz uns três anos que eu não cheguei a abordar isso porque o ano passado [2020], na apostila, [...] no segundo ano eles colocaram [estequiometria] na apostila bem, bem resumido, né? Só que, na época [devido ao contexto da pandemia do novo coronavírus] a gente não tinha se organizado ainda na escola de uma forma, assim, pra gente iniciar as aulas síncronas, entendeu? [...] então já faz uns 2, 3 anos.” (P3)

“[...] no ensino público, porque normalmente a gente faz assim, eu cheguei a trabalhar com estequiometria, mas, não foi esse tempo todo, né, porque teve anos que eu só tinha primeiro ano, teve anos que eu só tive terceiro ano, e assim foi... mas, pelo tempo que eu trabalhei com estequiometria, que não foi muito [...]” (P4)

Fonte: Dados obtidos da primeira entrevista semiestruturada.

A fala de P1 demonstra pouco conhecimento acerca dos contextos de ensino para o tópico de estequiometria, o que pode ser considerado coerente em relação ao fato de o participante ainda não ter tido oportunidade de desenvolver o conteúdo no âmbito da educação básica. P2 permeia três contextos de ensino diferentes: primeiro, o fato de não desenvolver o conteúdo de estequiometria como parte sistemática do currículo da educação básica pública, uma vez que reconhece haver alguns anos desde que abordou estequiometria na educação pública, o que sugere a possibilidade de o professor desenvolver o conteúdo em todos os anos de sua experiência profissional na perspectiva da educação básica privada; segundo, quando reconhece ser “um desafio e tanto” desenvolver o conteúdo no âmbito do ensino público regular diurno; e terceiro, quando afirma ser inviável, em virtude do próprio contexto escolar, o desenvolvimento do conteúdo no ensino noturno. P3, por sua vez, pontua

não ter desenvolvido o conteúdo nos últimos dois ou três anos, em virtude da necessidade da suspensão das aulas presenciais em função da pandemia provocada pelo coronavírus. Na fala de P3, ainda que superficialmente, pode ser resgatada a diferença – ou, literalmente, a ausência – do ensino de estequiometria no contexto da pandemia e do ensino remoto, quando comparada ao contexto escolar das aulas presenciais. P4 assemelha-se, ao mesmo tempo, à P2 e P1, no sentido de diferenciar contextos de ensino de estequiometria na educação pública e privada, ao mesmo tempo em que revela a impossibilidade de se desenvolver o conteúdo na educação pública em alguns anos de exercício da docência.

Embora não seja um foco específico da pesquisa relatada nesta dissertação, consideramos importante trazer à discussão o estudo desenvolvido por Santos (2017), especificamente ao que se refere ao conhecimento de contextos. O autor discute o ensino de Química em diferentes contextos sociais e aponta como uma das principais razões para a ausência de pesquisas no campo da educação científica que envolvam a desigualdade social o fato de estas pesquisas serem oriundas do campo da Epistemologia e da Psicologia e, sendo a Sociologia da Educação o campo tradicionalmente ligado aos fenômenos de desigualdades sociais e educacionais, explica-se o distanciamento destes estudos. Sobre isso, há diversos conceitos e pressupostos – como os de Basil Bernstein já discutidos – que poderiam fundamentar alguns dos excertos da Figura 12.

Apesar de caracterizado o embate entre o CRO e o CRP, na perspectiva de Bernstein, relacionado à fala de P2 no excerto presente no item 5.2.1, o mesmo participante P2 justifica não ser aplicável o ensino de estequiometria no turno noturno, diferenciando, primeiramente a educação básica pública da educação básica privada e, posteriormente, o ensino diurno do ensino noturno. Reconhecemos a diferença nos contextos de ensino apresentados pelo professor, uma vez que o público estudantil da educação noturna é reconhecidamente um público trabalhador, de um contexto de desigualdade social e educacional mais agravada e, neste ponto, reafirmamos a fala de Santos (2017, p. 105-106, grifo nosso) a respeito do papel ideal da escola na superação dessa desigualdade educacional:

[...] em muitas famílias, os pais e responsáveis apresentam níveis de escolarização inferiores aos que a sua prole está adquirindo, o que sem dúvida constitui uma condição de partida deficitária para os estudantes destas famílias ao ingressarem e permanecerem na escola. *À escola cumpriria então a difícil tarefa de tentar suprir este déficit, permitindo que seus alunos adquirissem, ao longo de sua trajetória, condições mais equânimes de aprendizagem e de desempenho que facilitassem seu acesso ao ensino superior e a melhores posições no mercado de trabalho que a de seus pais, de modo a romper o ciclo da reprodução da pobreza e da desigualdade.*

Ainda que de maneira bastante superficial, reconhecemos uma diferenciação entre os repertórios dos professores investigados com relação aos contextos de ensino do tópico, no sentido de atribuir à P1 a ausência desse repertório e à P2 a potencialidade do desenvolvimento de repertórios profissionais ligados a diversos contextos, como o da educação privada, o da educação pública no período diurno e o da educação pública no período noturno.

P1, no âmbito da Representação de Conteúdo, traz consigo o paradoxo relacionado à utilização da calculadora nas aulas de Química, especificamente relacionadas ao conteúdo de estequiometria. Entendemos esta situação enquanto um paradoxo por haver, de um lado, a consciência de que as operações matemáticas facilitadas pelo uso do recurso podem perpetuar dificuldades dos estudantes em matemática, além de seu uso ser proibido em testes, concursos e exames de seleção e, de outro lado, o uso do instrumento representar uma possibilidade de mitigar os desafios impostos pela aprendizagem dos estudantes no âmbito das relações com a disciplina de matemática. Há, ainda, a manifestação de P1 relacionada ao contexto ou infraestrutura escolar, quando menciona a falta de recursos para o desenvolvimento das atividades experimentais, a qual torna-se uma dificuldade ligada ao ensino de estequiometria a partir da percepção do professor da relação entre as dimensões do conhecimento químico e a possibilidade de superar as dificuldades dos estudantes. A questão de recursos – e o tempo disponível para planejar/realizar as atividades – também está presente no CoRe construído por P2, o que reforça a predominância sistemática destes contextos.

Ainda sobre o conhecimento de contextos de ensino, trazemos os excertos na Figura 15, referentes à segunda entrevista semiestruturada, relacionada aos contextos explicitados pelos participantes. P2, durante a entrevista, menciona o contexto da pandemia para explicitar a adoção de tecnologias educacionais como forma de suprir a suspensão das atividades realizadas presencialmente na escola, ao mesmo tempo em que expõe sua preocupação com o contexto escolar, em termos de infraestrutura, ao mencionar sua incerteza – apesar de boa aceitabilidade dos estudantes – em continuar trabalhando com o uso da perspectiva de recursos tecnológicos.

Outro contexto apresentado pelo participante que merece ser discutido – mesmo que seja um relato de sua experiência na educação privada – é a própria mecanização do conteúdo, na perspectiva em que prevalecem os aspectos quantitativos sobre os qualitativos, na medida em que P2 expõe que o estudante memoriza etapas do cálculo estequiométrico e não entende “o porquê daquilo”.

Figura 15 - Excertos da segunda entrevista semiestruturada relacionada ao conhecimento dos contextos.

“Quê que você encontrou de aluno até hoje? O aluno que presta atenção, o aluno que não presta [atenção]. [...] Então você olha, o aluno está disperso, mas chega em casa e ele estuda. Tem aluno que presta atenção, acompanha a resolução e você fala ‘não, vamos escrevendo juntos e tal’, o aluno aprende. Então eu acho uma pergunta assim, né, como o aluno é influenciado [pelos contextos]... eu acho que tem aluno e tem aluno. Você não consegue pegar uma sala com trinta alunos e todo mundo aprender igual ou ninguém aprender nada também.” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“[consegui identificar as dificuldades dos estudantes] no dia-a-dia, né, chão de sala de aula mesmo. O aluno chama você lá, aí a pergunta dele, você vai vendo que são sempre as mesmas perguntas: ‘ó, professor, eu não tô entendendo o que que tá falando aqui... o que que tá pedindo... mas eu não entendi’ é sempre assim, ‘eu não entendi’. Nem lê e já chama você lá porque não entendeu.” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“Não sei como vai ser minha prática futura, com a volta ao novo normal, né, se eu ainda vou utilizar dessa parte tecnológica, especificamente dos slides, porque a gente sabe que as escolas estaduais, elas não dispõem de muitos recursos e quando dispõe de salas com Datashow ou algo nesse sentido é disputadíssimo, mas, ainda assim a gente percebe que eles [alunos da rede estadual] tiveram uma aceitabilidade muito boa.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

“A gente percebe que a estequiometria, em particular, quando ensinada no conteudismo, é decoreba, ensino mecanizado. Hoje mesmo eu tive uma experiência, não no ensino público, mas eu tô trabalhando estequiometria no privado e a gente percebe isso literalmente, se a gente não sai da mesmice, acaba que o menino: ‘ah, é isso, isso, essa etapa, essa, essa e pronto’. Ele vai memorizando por etapas e esquece de se preocupar com o porquê daquilo.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

“Muitas vezes eu passava alguma atividade e eu, assim, costuma andar pela sala quando os alunos estão fazendo atividade e olhando. [...] Então eu sempre pedia pro aluno deixar o cálculo. E, muitas vezes, o aluno usava o celular, sabe... e aí eu ia perguntando: ‘gente, vocês sabem fazer um cálculo desse?’. Uma divisão, né, com casas decimais, e aí muitas vezes eles falavam que não e aí eu tinha que, no decorrer da resolução do exercício, ir fazendo as continhas, ensinando, sabe, como que você tira um decimal lá da divisão para deixar um número inteiro...” (P3, segunda entrevista semiestruturada)

“Eu acho que independente do aluno ter uma renda, né, independente da classe dele, assim, socioeconômica, por exemplo, se ele não tiver internet em casa ele vai estar aprendendo na aula, eu imagino que nessa parte de estequiometria [o contexto socioeconômico] não influencia muito não. E hoje, também, assim, a maioria das escolas oferece ali uma sala de computação, uma sala que o aluno pode estar usando, então aquele aluno que gostaria de estar aprofundando no conteúdo, poderia estar indo, né, olhando outros experimentos na internet, mas eu acho que pra ele poder aprender o conteúdo ali, o básico de estequiometria, eu imagino que somente com o que o professor faz em sala, eu acho que não precisa muito desses recursos tecnológicos, que eu falo assim, a questão de pesquisa e tudo mais.” (P4 segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: dados da segunda entrevista semiestruturada.

Diferentemente, ao falar sobre contextos dos estudantes, P4 comenta que o ensino e a aprendizagem da estequiometria pouco podem ser influenciados por este fato – neste caso, especificamente o fator socioeconômico. Em primeira percepção, podemos até refutar a fala de P4, porém, levando-se em consideração o próprio contexto da fala do participante, é possível perceber que P4 reconhece a escola como espaço necessário para a superação das desigualdades entre os estudantes – questão já discutida nesta dissertação – afirmando a disponibilidade de recursos e espaços em que estudantes possam ter acesso à informação, mesmo que esta não seja disponível em sua casa, por exemplo.

Vale a pena contrapor os contextos explicitados por P3, na Figura 15 e por P1, anteriormente, em que P1 relata certo desconforto em utilizar calculadora por conta de ‘preconceitos’ ou, literalmente “falsas concepções” que incentivam a exclusão desse recurso em sala de aula, ao mesmo tempo em que P3 identifica a dificuldade dos estudantes exposta a partir da utilização da calculadora, por não saberem realizar os cálculos. De um lado, como

mencionamos anteriormente, a calculadora é vista como um recurso capaz de mitigar a dificuldade dos estudantes em realizar cálculos e, de outro, expõe a necessidade de se discutir sobre a perspectiva da educação matemática dos estudantes ao longo da vida. A fragilidade das interpretações dos estudantes também é explicitada por P1, ao citar a dificuldade que os estudantes possuem em resolver e interpretar questões em sala de aula, de não entenderem o que está pedindo, de “nem ler e já chamar você lá porque não entendeu”.

Ainda sobre a perspectiva da educação matemática dos estudantes ao longo de sua trajetória escolar, P2 reflete e infere sobre o assunto na segunda entrevista semiestruturada:

“Olha, eu acho que essa dificuldade matemática [...] vem desde a alfabetização. Eu acho que o problema começa lá na alfabetização porque, não sei, não tenho experiência e não tenho relato nenhum de como é que é feito esse processo de alfabetização, mas eu acredito que se esse menino, ele tivesse tido uma aprendizagem mais significativa nessa etapa da vida, talvez tópicos e discussões futuras fossem mais bem assimiladas. Quando você parte do princípio de memorização, cai no esquecimento.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

De acordo com o referencial teórico adotado nesta pesquisa, nossa análise é de que o conhecimento do conteúdo seja transformado na base de conhecimentos dos contextos dos participantes, uma vez que o conteúdo sofre adequações, transformações e transposições a partir do conhecimento que os professores desenvolvem acerca de seu contexto escolar e, um bom exemplo desse processo de interpretação – na perspectiva de Azam (2019) – é o fato de P3 ensinar seus estudantes a desenvolverem habilidades de efetuarem cálculos matemáticos na medida em que constrói o conhecimento de estequiometria deles em sala de aula.

5.2.6 Conhecimento do conteúdo

Sobre o Conhecimento do Conteúdo, Azam (2019, p. 287, tradução nossa) compreende esta base enquanto “Entendimento Conceitual de um Tópico de Ciências” e, nesta perspectiva, procuramos as manifestações que pudessem estar relacionadas ao conteúdo de estequiometria nas falas dos professores participantes ao longo da coleta de dados. Tais manifestações estão estruturadas nos excertos presentes na Figura 16.

Nesta perspectiva, os excertos de P3 e P4 estão mais relacionados ao conteúdo de estequiometria, o que sugere maior clareza na sistematização do conhecimento do tópico. Conforme descrevemos na seção 3.3, a estequiometria é concebida no CRP enquanto um campo de estudo desenvolvido a partir das leis ponderais e a teoria atômica de Dalton e, necessariamente, constrói-se sobre conceitos que servem de requisitos, como o entendimento

conceitual de reações químicas e a sua representação nas equações químicas, o balanceamento de equações etc. e caminha para o desenvolvimento de interpretações que dizem respeito aos conceitos de excesso e pureza de reagentes e rendimento de reações químicas, por exemplo.

Figura 16 - Manifestações dos participantes acerca do Entendimento Conceitual do Tópico de Estequiometria.

“Eu começo com ácido-base, aí depois eu começo massa molecular, massa molar, aí eu começo com um cálculo estequiométrico bem basiquinho, daqueles só relacionando massa molar com número de mols, de átomos, não chega no cálculo estequiométrico [...] mais pesado.[...] Só o comecinho ali, né, relacionando massa com o número de mol, número de moléculas, massa atômica versus o número de mol [...] regra de três simples, na verdade. [...] porque sem isso eu não consigo desenvolver o raciocínio do cálculo estequiométrico. Fazer uma relação massa/massa, massa/volume, volume/volume, número de mols versus massa, massa molar versus a massa que eu quero encontrar...” (P1)

“eu costumava trabalhar estequiometria no início da segunda série e para, porque aí por conta de já ter sido trabalhado a questão das reações no finalzinho do primeiro ano, eu iniciava fazendo uma recapitulação sobre esse tópico e já engatava ali na questão dos cálculos químicos, teoria atômico-molecular e fechava que culminava no cálculo estequiométrico em si.” (P2)

“Eu ensino cálculo de número de mols, é... cálculo de número de moléculas, massa molar, rendimento, é, como que chama? Reagente limitante e reagente em excesso, né?” (P3)

“A gente tem que dar um, explicar ali o que é uma equação química, quê que é reação química, vê ali a quantidade, a proporção em mols, balanceamento, aí a partir daí a gente lança, então, eu né, no caso os exercícios, né, a matéria em geral de estequiometria. [...] as leis ponderais, né, que abordam um pouquinho das equações químicas na matéria, né, então leis ponderais, depois vem equações químicas e depois vem balanceamento, enfim, reações, depois estequiometria.” (P4)

Fonte: Dados obtidos da primeira entrevista semiestruturada.

Quanto à P2, há uma relação sucinta no que se refere aos cálculos químicos como conhecimentos base para estequiometria e, pela fala de P2, inferimos que os cálculos químicos abordariam justamente os conceitos de massa molecular, massa atômica, massa molar e quantidade de matéria.

P1 atribui alguns conceitos que estão relacionados à estequiometria, porém, parece não haver clareza quanto aos conceitos de “massa/massa” e “massa/volume”, apontados por ele enquanto parte dos cálculos estequiométricos, quando entendemos, de acordo com Brown *et al.* (2016), serem relações que expressam concentrações e, não necessariamente se relacionam no âmbito de uma transformação química, ou seja, podem não tratar diretamente de quantidades de substâncias envolvidas em uma reação. Neste ponto, gostaríamos de resgatar o excerto de P1 presente na Figura 11 para inferir, possivelmente, uma concepção alternativa a respeito das transformações químicas, quando P1 sugere: *“[...] Só se tivesse uma balança lá e o negócio fosse mudando... e falar que o 0,1 que passou dos reagentes lá e de repente virou um produto e a balança aumentar ou diminuir...”* (P1; primeira entrevista semiestruturada), sugerindo o entendimento de que as transformações ocorrem de forma compartimentalizada. Rosa e Schnetzler (1998) descrevem sobre concepções alternativas para o conteúdo transformações químicas em seu estudo. Uma das questões discutidas pelas autoras é

justamente o significado que a fala de P1 pode assumir com relação à conservação da matéria em uma reação.

Quanto à construção da Representação de Conteúdo, nos deparamos com algumas ideias que não são próprias do conteúdo de estequiometria, quais sejam: notação científica, operações matemáticas e proporções, citadas por P1; e proporcionalidade e regra de três, citadas por P2. Tais ideias, embora possam contribuir para o desenvolvimento do conteúdo, a exemplo da construção do conhecimento sobre leis ponderais, não dimensionam o conhecimento do conteúdo de estequiometria e tampouco se aproximam das habilidades discutidas no âmbito do conhecimento do currículo. Neste caso, vale a pena lembrar o relato de P3 na segunda entrevista semiestruturada em que explicita trabalhar operações matemáticas ao resolver exercícios e problemas de estequiometria, na tentativa de superar dificuldades dos estudantes em efetuar tais operações manualmente, mas sem que o foco esteja apenas nas próprias operações.

P3 e P4, ao proporem as três principais ideias para se desenvolver o conteúdo de estequiometria, condicionam tais ideias a relações entre grandezas, balanceamento de equações químicas, leis ponderais, cálculos teóricos e excesso de reagentes. Tomando por base toda a discussão da literatura presente nesta dissertação, é possível perceber a correlação dessas ideias com o tópico de estequiometria, reforçando nossa ideia inicial de que possivelmente o conhecimento do conteúdo de estequiometria esteja mais organizado, sistematizado e, portanto, mais acessível para estes participantes, como foi demonstrado também nos excertos trazidos da primeira entrevista semiestruturada presentes na Figura 16.

Na segunda entrevista semiestruturada, ao refletir sobre outras formas possíveis de realizar a avaliação da aprendizagem dos estudantes, P1 demonstra conhecimento acerca da relação entre o conceito de proporção e proporcionalidade e a construção da ideia trazida pelas leis ponderais, o que, de certa forma, nos fornece indícios de que haja o conhecimento do conteúdo em questão para o participante, embora não tenha sido explicitado em outros momentos da coleta de dados. P1 afirma: *“que tem outras maneiras de analisar [avaliar], tem sim. Porque cê tá trabalhando com proporção, tá trabalhando aí com razão... muito mais com proporção, tem lei de Proust, lei de não-sei-quem-lá, de conservação...”* (P1, segunda entrevista semiestruturada).

P2, ao justificar a sequência de ensino adotada para trabalhar estequiometria na segunda série do Ensino Médio, também demonstra seu conhecimento do conteúdo. P2 explica que:

“Pra você aprender estequiometria, o conceito chave ali seria o de reações. E esse conceito lá no início, até anteriormente aos cálculos teóricos, tem a etapa onde eu trabalho a parte das leis das reações, Lavoisier, Proust [...]. Então ali eu já tento trazer esse apanhado e esse ‘remember’ da parte de reações, pra depois entrar nesses cálculos especificamente pra mostrar pra esse aluno as possibilidades distintas de se desenvolver o conceito de massa. [...] então a ideia seria essa: trabalhar o cálculo químico baseado nas leis das reações, depois a parte de teoria atômico-molecular, justamente pra gente pegar esse gancho da massa molar, eu acho que é o conceito chave dentro desse capítulo, sem descartar, obviamente, a constante de Avogadro, número de mols, mas eu acho que a massa molar é o cerne ali que me faz acreditar que essa é a sequência mais indicada.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

De certa forma, P2 faz predominar seu conhecimento acerca dos conceitos e ideias envolvidos no âmbito do conteúdo de estequiometria ao explicitar essas relações tanto no CoRe quanto na segunda entrevista semiestruturada, uma vez que na primeira entrevista semiestruturada foi possível observar que ideias como a de “reações químicas”, “teoria atômico-molecular” e “cálculos químicos” já estiveram presentes, porém sem a exposição da construção dessas relações pelo participante.

5.2.7 Conhecimento das dificuldades dos estudantes

Apesar de não termos manifestações das bases de conhecimento “Conhecimento da aprendizagem dos estudantes”, “Conhecimento de avaliação”, “Conhecimento da diversidade dos estudantes” e “Conhecimento de tecnologia” para o ensino de estequiometria na primeira entrevista semiestruturada, emergiu dos dados uma nova categoria relacionada ao “Conhecimento da aprendizagem dos estudantes”, mas mais específica, que decidimos nomear “Conhecimento das dificuldades dos estudantes”. Importante ressaltar que, no momento da primeira entrevista, os professores participantes da pesquisa ainda não tinham acessado o instrumento Representação de Conteúdo (CoRe) – que possui uma pergunta especificamente sobre as dificuldades ligadas ao ensino da ideia previamente apresentada pelo professor.

Sobre esta categoria, podemos descrevê-la enquanto manifestações das “visões e entendimentos acerca das dificuldades apresentadas pelos estudantes no ensino do tópico” que, neste caso, centram-se nos cálculos estequiométricos. Esta categoria diferencia-se da categoria “Conhecimento da aprendizagem dos estudantes” porque considera dificuldades relacionadas a outros conhecimentos que servem de base para o ensino de estequiometria, a exemplo da dificuldade com cálculos matemáticos e a questões relacionadas à interpretação de textos. Os excertos que trazem estas manifestações estão presentes na Figura 17.

Figura 17 - Excertos das manifestações do Conhecimento das dificuldades dos estudantes.

“Pro aluno, uma base de estequiometria seria a base matemática. Saber usar uma calculadora, saber fazer uma regra de três, que eles têm, nossa, uma dificuldade em relacionar uma coisa com a outra. [...] É difícil pra você ensinar porque o aluno tem uma base muito fraca. Numa sala com 35 alunos ali, na hora que você tá explicando é 3, 4 que realmente tá conseguindo te acompanhar, o resto é muito fraco. [...] envolve vários conteúdos, né, vários conhecimentos ali... e o negócio de assimilar, né, o poder de assimilação do aluno, o quê que tá relacionando com o quê, eu acho um conteúdo bem difícil, tanto pra gente passar pro aluno porque você vai vendo que eles têm dificuldade pra entender de onde tá saindo aquilo, porquê que relaciona com aquilo, o início do cálculo estequiométrico é muito difícil [...].” (P1)

“[...] é complexo porque tudo que envolve cálculo a gente sabe que é o calcanhar de Aquiles da educação básica a matemática, não que o português também não seja, mas a matemática tá em um nível acima, então, falou em cálculo a gente já estremece e os alunos não diferem disso, né? (P2)

“[...] é, não só pela parte de cálculos, mas, até mesmo pela interpretação que o aluno tem que ter, então, eu vejo muita dificuldade nos alunos em associar um termo a outro pra poder calcular, entendeu, não só na parte do cálculo que os alunos têm aquele... eles já têm um bloqueio, né, de cálculo. Quando a gente fala ‘ah, hoje a gente vai aprender a calcular tal coisa’ eles já têm aquele bloqueio. E eu vejo muita dificuldade na interpretação do exercício também.” (P3)

“[...] essa parte que entra muito cálculo, é, pegando no geral, a partir de mol, né, que é o conteúdo que começo, é, que começa cálculos, né, mol, soluções, aí depois vem estequiometria, cinética... Essa matéria os alunos têm muita dificuldade. [...] Então eu acho que eles têm dificuldade porque eu acho que aí foca matemática também. Então é onde eles têm muita dificuldade. [...] nem mol que é um conteúdo de cálculo que é mais fácil eles já apresentam dificuldade... e a estequiometria, que aí foca além de ser o cálculo, aí balanceamento, entender o que são reagentes, produtos, que até isso os alunos têm dificuldade de entender o quê que acontece com os átomos, que é um rearranjo de átomos ali.” (P4)

Fonte: Dados obtidos da primeira entrevista semiestruturada.

É possível reconhecer, a partir da Figura 17, que todos os participantes atribuem à questão matemática parte da dificuldade dos estudantes em aprender o conteúdo de estequiometria. Estes resultados dialogam com a literatura apresentada no item 3.3, tendo a questão matemática como uma das mais recorrentes dificuldades dos estudantes que são reconhecidas pelos professores no âmbito da estequiometria.

Para além da questão matemática, P1 e P3 concebem a interpretação como outro fator de dificuldade para a aprendizagem dos estudantes, principalmente no que se refere às relações entre materiais e medidas nas previsões que se faz através dos cálculos estequiométricos. P4 associa, ainda, conceitos químicos que servem como conhecimento base para o desenvolvimento dos cálculos estequiométricos a uma das dificuldades apresentadas pelos estudantes e pontua sobre a necessidade de se compreender submicroscopicamente o que ocorre durante uma transformação química, no que diz respeito ao rearranjo dos átomos. Dado que todos os participantes revelaram trabalhar com resolução de exercícios em sala de aula enquanto estratégia para o desenvolvimento do conteúdo de estequiometria, estes resultados podem sinalizar a predominância do incentivo à memorização, o que pode gerar impactos ao desenvolvimento conceitual do tópico em função da dificuldade dos estudantes em interpretar e resolver os problemas/exercícios e entender a transformação química no nível submicroscópico, ou seja, o prevalectimento do aspecto simbólico sobre os demais.

Na Representação de Conteúdo, P1 reafirma a dificuldade dos estudantes nas relações lógico quantitativas, reconhecendo sua formação profissional como limitação para superar esta questão. Além disso, P1 explicita a dificuldade de os estudantes compreenderem, conceitualmente, uma reação química do ponto de vista submicroscópico, como anteriormente reconhecido por P4 no âmbito da primeira entrevista semiestruturada. P2, além de reafirmar a dificuldade que os estudantes têm acerca das relações quantitativas, explicita também a dificuldade deles na compreensão da dimensão submicroscópica de uma reação química. A dificuldade matemática, para P2, passa a ser entendida como um fator desmotivador para a aprendizagem dos estudantes. P3, da mesma forma que anteriormente, reitera a dificuldade de interpretação que os estudantes possuem para aprender o conteúdo de estequiometria e, além disso, concorda com P1 e P4 no sentido em que existem conceitos prévios que não foram aprendidos pelos estudantes e que podem limitar sua compreensão acerca do conteúdo de cálculos estequiométricos. P4, na construção do seu CoRe, também reafirma a questão da dificuldade relacionada ao raciocínio quantitativo, bem como concorda com P3 na questão da dificuldade dos estudantes em relação à interpretação das informações necessárias para se desenvolver o conteúdo de cálculo estequiométrico.

Na perspectiva de Azam (2019), devemos reconhecer a transformação do conhecimento das dificuldades relacionadas ao raciocínio quantitativo enquanto um processo de Especificação, visto que há a transição, a modificação da base de conhecimentos da dificuldade dos estudantes para este tópico. O mesmo ocorre com relação à dificuldade de interpretação, explicitada por P3 e P4 e, também, ao discutirmos a dificuldade de compreensão da dimensão submicroscópica para o conceito de reações químicas.

Para amparar estas últimas considerações, nos debruçamos sobre excertos da segunda entrevista semiestruturada, em que os participantes foram perguntados de que forma conseguiram identificar tais dificuldades de aprendizagem dos estudantes relacionadas ao conteúdo de estequiometria. Tais fragmentos estão expostos na Figura 18.

Com tais excertos, é possível depreender que todos os participantes conceberam essas dificuldades – da relação lógico-quantitativa e da interpretação – como próprias de sua prática pedagógica, ou seja, de sua experiência profissional apesar de a própria literatura científica reportar essas dificuldades em atividades acadêmicas de pesquisa, como discutimos no item 3.3. De um lado, isso ratifica a validade das produções científicas já discutidas e, por outro lado, a formação ambiental discutida por Maldaner (1999) se mostra, ainda, bastante coerente.

Figura 18 - Excertos das manifestações do Conhecimento das dificuldades dos estudantes na segunda entrevista semiestruturada.

“No dia-a-dia, né, chão de sala de aula mesmo... [...] Uai, as vezes [na prova] é pra marcar V ou F e o aluno pergunta o que que é pra fazer. [...] É uma dificuldade de análise, né, de entender, de interpretar.” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“Olha, eu acho que essa dificuldade matemática especificamente falando e eu continuo reiterando que na minha perspectiva a matemática é o calcanhar de Aquiles do cálculo estequiométrico, eu acho que isso vem desde a alfabetização.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

“Olha, muitas vezes eu passava uma atividade e eu, assim, costumo andar pela sala quando os alunos estão fazendo atividade e olhando. E eu percebi que, eu sempre peço pra esses alunos deixarem o cálculo pra mim, porque quando o aluno for fazer um Enem ou alguma coisa, ele vai precisar usar desse conhecimento dele. [...] Foi dessa convivência assim, com o aluno e percebendo as dificuldades” (P3, segunda entrevista semiestruturada)

“A partir do momento que a gente aborda ali uma interpretação de um cálculo eles não sabem retirar o que tá pedindo. Então ali eu vejo que a maioria tem dificuldade na questão da interpretação. Às vezes sabem a fórmula ali, por exemplo, que vai utilizar e às vezes não sabem o quê que é o quê, o quê que o exercício tá pedindo, a interpretação ali mesmo, sabe? E a questão matemática eles erram muitas vezes até na tabuada [...]” (P4, segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: dados da segunda entrevista semiestruturada

Reforçamos a importância das produções científicas como forma de fornecer subsídios e possibilidades de desenvolvimento da base profissional de conhecimentos relacionados às concepções alternativas e/ou dificuldades de estudantes como pré-requisito para o planejamento de uma prática de ensino, o que notadamente pode contribuir para a superação desses limites relatados na literatura científica. Levar as dificuldades dos estudantes – ou, conforme descrito no CoRe, o “conhecimento sobre o pensamento dos estudantes” – em consideração para se idealizar uma prática pedagógica contribui em muito para a eficácia do ensino, não só de estequiometria, mas a educação em sala de aula.

5.2.8 Conhecimento da aprendizagem dos estudantes

De acordo com Azam (2019, p. 287, tradução nossa), o Conhecimento da aprendizagem dos estudantes compreende as “visões e entendimentos das ideias alternativas dos estudantes sobre um tópico específico”. Esta categoria diferencia-se da categoria “Conhecimento das dificuldades dos estudantes”, primeiramente, por incluir as visões dos professores acerca das ideias alternativas dos estudantes sobre o tópico. Em segundo lugar, esta categoria traz consigo entendimentos dos participantes com relação à aprendizagem do conteúdo, por parte de seus estudantes, ou seja, distinções conceituais relacionadas ao tópico que os estudantes ainda não saibam, ou que possam limitar sua compreensão do conteúdo, ou ainda, que possam influenciar de alguma forma o ensino do tópico pelos professores participantes.

Nesse aspecto, levamos em consideração o que P1 considera em seu CoRe a respeito das ideias que não pretende que os estudantes saibam, quais sejam: lidar com casas decimais; aplicar a regra de três; e o princípio de conservação da matéria em uma reação química. De certa forma, nossa interpretação se dá no sentido em que é pressuposto que estes conhecimentos não estejam consolidados quando se pretende desenvolver o conteúdo de cálculo estequiométrico em sala de aula. Operações matemáticas e notação científica não se inserem como conteúdos propriamente pertencentes ao tópico de cálculo estequiométrico. Sobre isso, P1 direciona sua própria formação, as dificuldades dos estudantes em Matemática e conhecimentos prévios de Química e, a própria infraestrutura e falta de recursos para o desenvolvimento de atividades experimentais como fatores limitantes à compreensão dos estudantes em estequiometria, propondo o uso de calculadoras e o estabelecimento de relações entre o conteúdo químico e o cotidiano dos estudantes como forma de mitigar estas limitações. Outra questão relevante a ser discutida com relação à aprendizagem dos estudantes centra-se na ideia de que possuem “um certo receio do conteúdo de matemática”, afirmação corroborada inclusive por P2 no âmbito da primeira entrevista semiestruturada:

“[...] Para o aluno é complexo [aprender estequiometria] porque tudo que envolve cálculo a gente sabe que é o ‘calcanhar de Aquiles’ da educação básica a Matemática [...] então, falou em cálculo a gente já estremece e os alunos não diferem disto, né?” (P2, primeira entrevista semiestruturada)

A perspectiva trazida por P1 e P2 não se limita ao ensino de estequiometria, uma vez que a Química – reiteramos – é uma ciência exata de profundas relações com a Matemática. Esta ideia de que os estudantes têm um “bloqueio” ou “receio”, ou até mesmo resistência em aprender conteúdos que se apropriam de cálculos pode influenciar diretamente na aprendizagem dos conteúdos. P2, em consonância aos apontamentos realizados por P1, considera a contextualização dos conteúdos e o desenvolvimento de atividades experimentais como estratégias possíveis para se conseguir o engajamento necessário dos estudantes para aprender estequiometria, o que pode servir como um contraponto às influências desmotivadoras em que o “receio” dos cálculos matemáticos pode trazer para a aprendizagem dos estudantes. P2 ainda faz distinções importantes para o desenvolvimento do tópico de estequiometria ao reconhecer que classificação de reações químicas – conteúdo inserido no âmbito do tópico de reações químicas, que serve como conhecimento base para o desenvolvimento do conteúdo de estequiometria – não sejam relevantes para a compreensão dos cálculos estequiométricos. Da mesma forma, reconhece que a “regra de três” é importante para facilitar a compreensão quantitativa relacionada às proporcionalidades em uma equação

química e distingue que as “regras de três compostas” não sejam relevantes para o tópico em questão.

Diferentemente, P3 considera que o pensamento dos estudantes acerca das Leis Ponderais, balanceamento de equações, os conceitos de quantidade de matéria, moléculas, número de átomos, reagentes e produtos exercem influência sobre o ensino do conteúdo de estequiometria. E, da mesma forma que P2, distingue que o cálculo de volume nas CNTP não se configura relevante para o desenvolvimento de cálculos estequiométricos no âmbito da educação básica.

P4, na construção do CoRe, explicita a necessidade de estabelecer relações entre o balanceamento de equações e o conceito de reação química utilizando-se de um aprofundamento dos estudos das leis ponderais, na medida em que reconhece a importância de os estudantes saberem que a “quantidade de átomos reagentes deve ser igual à quantidade de átomos produzidos, porém em substâncias diferentes”. A relação do conteúdo com o cotidiano dos estudantes também aparece como um dos fatores que influenciam o ensino de estequiometria de P2 com relação ao pensamento dos estudantes sobre o conteúdo.

Outras manifestações dessa base de conhecimentos que emergiram dos dados da segunda entrevista semiestruturada encontram-se na Figura 19:

Figura 19 - Excertos das manifestações do Conhecimento da aprendizagem dos estudantes.

“Você não consegue pegar uma sala com trinta alunos, todo mundo aprender igual ou ninguém aprender nada também. [...] [na prova você coloca:] marque a alternativa incorreta, ah, aí você mata o aluno, tá acostumado a marcar a correta, uai...” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“A gente percebe que a estequiometria, em particular, quando ensinada no conteudismo, é decoreba, ensino mecanizado. [...] Ele vai memorizando por etapas e esquece de se preocupar com o porquê daquilo. [...] Eu acredito que quando o aluno, ele vê uma aplicabilidade direta daquele assunto na vida dele, no cotidiano e na sociedade em que ele está inserido, isso pode causar acho que inicialmente uma certa curiosidade e dessa curiosidade questionamentos vão surgir e partir dali, talvez o interesse dele pela Química, para a Ciência de uma maneira geral, fique maior. Então a contextualização, no meu ponto de vista, acho que tem que ser a primeira coisa que o professor deve pensar no momento do planejamento de qualquer aula que seja. [...] Quando você parte da memorização, etc. e tal, cai no esquecimento. [...] no cálculo estequiométrico a gente, por diversas vezes, se depara com a quantidade de matéria, que é algo completamente abstrato pra gente e pra eles [os estudantes] muito mais. E pra gente transformar um conceito mais abstrato em algo mais palpável, que seria a massa, que você consegue medir ali, a gente se utiliza do conceito de massa molar.”

(P2, segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: dados da segunda entrevista semiestruturada.

Os fragmentos da Figura 19, acima, nos conduzem a inferir – para além do que está explícito no excerto de P1 – seu reconhecimento de que os estudantes são diferentes e, com isso, também aprendem de formas diferentes. Além disso, P1 reconhece que os tipos de questões de múltipla escolha que tentam induzir ao erro não são saudáveis para o processo de aprendizagem dos estudantes. Silva e Afonso (2021) discutem que não há problemas na utilização da avaliação do tipo “prova” escrita na aprendizagem dos estudantes de Química na

educação básica, desde que esse instrumento seja construído de forma intencional a fornecer subsídios ao trabalho do docente. Os autores pontuam que enunciados que gerem ambiguidade ou então questões que possam induzir os estudantes ao erro tem o intuito meramente de se verificar a atenção do estudante e sua capacidade de reconhecer essas questões ao invés de verificar, de fato, sua aprendizagem. Nesse sentido, defendemos a ideia de que o professor pode, intencionalmente, construir uma avaliação escrita que sirva de subsídio para seu próprio trabalho, enquanto docente, sem incorporar o risco de prejudicar seu instrumento de avaliação com uma “pegadinha”, em que, possivelmente, um estudante possa ser induzido ao erro apesar de conhecer o conteúdo avaliado.

P2, por outro lado, explicita pontos importantes relacionados à aprendizagem de estequiometria por parte dos estudantes. O participante, primeiramente, reconhece os riscos de impactos negativos para a aprendizagem a partir da perspectiva do ensino memorístico, mecanizado do conteúdo, oferecendo como alternativa a contextualização como forma de engajar a aprendizagem dos estudantes em sala de aula. Posteriormente, o professor caracteriza a dimensão abstrata do conceito “quantidade de matéria” e, com isso, propõe que o conceito de “massa molar” pode auxiliar na utilização de um conceito menos abstrato, que seria o conceito de massa.

No caso de P2, pode-se dizer que há um processo de Especificação, conforme exposto no referencial teórico adotado (AZAM, 2019). Tal processo foi compreendido dessa forma a partir de nosso entendimento de que deve haver uma modificação da base de conhecimento de aprendizagem dos estudantes na perspectiva do conteúdo de estequiometria, ou seja, o participante P2 compreende que a aprendizagem do conceito “quantidade de matéria” é possível a partir das associações feitas com os conceitos de “massa” e “massa molar”. Isso não transforma a base de entendimento conceitual do tópico, mas sim a base de conhecimentos da aprendizagem dos estudantes a partir do entendimento do tópico.

5.2.9 Conhecimento de avaliação

O Conhecimento de Avaliação, segundo Azam (2019, p. 287, tradução nossa), compreende “as visões e ideias sobre avaliar um tópico específico de Ciências” e sobre isso destacamos os excertos presentes na Figura 20, referentes à primeira entrevista semiestruturada:

Figura 20 - Excertos de P1 a P4 sobre o Conhecimento de Avaliação.

“Eu olho o desenvolvimento porque às vezes o aluno, no finalzinho, o aluno pegou o raciocínio ali do problema, da questão, chegou no final deu um valor errado... que foi o cálculo. Muitas vezes considero, então acho que ele entendeu a matéria, mas errou por alguma... assim, ter distraído, ter ficado nervoso... eu acho que se ele conseguiu desenvolver até uma certa parte do cálculo ali, eu já considero que tenha entendido o conteúdo. Então é mais nesse processo... ou é dentro de sala de aula, conversando, ou na hora que eu estou com as avaliações em mãos.” (P1, primeira entrevista semiestruturada)

“[...] claro que a gente acaba avaliando de uma forma mais formativa, dia-a-dia, né, mas no final das contas o peso maior – por conta do próprio sistema que ainda exige que você dê, lá, um número pro aluno, que tem tanto no bimestre X, Y, Z – ainda é por meio da prova escrita, que é onde você consegue, entre aspas, né, mensurar a aprendizagem desse aluno.” (P2, primeira entrevista semiestruturada)

“Antes [da pandemia] eu não fazia uma avaliação formativa, porque dos meus cinco anos de experiência, quatro deles foram numa escola que meio que já deixava tudo patronizado como que teria que ser a distribuição de pontos, entende? Então teria que ter uma avaliação valendo uma determinada nota e eu meio que sentia na obrigação de ter que avaliar o aluno daquela forma. [...] exercício em sala, tarefa pra casa, eles tinham que fazer, entendeu? Então, sempre foram avaliações somativas.” (P3, primeira entrevista semiestruturada)

“Eu costumo avaliar muito o aluno em sala de aula... a participação dele, a questão das perguntas, a questão assim de resolver as atividades em sala, é... as atividades que eu passo pra casa... então, assim, é tudo um... é os três tipos de avaliações, né, a somativa, a formativa, então, eu acho que isso daí é um leque que eu avalio muito o aluno em sala de aula nessa questão: “o que foi a aula ali e ele fazer, participar”, não somente copiar. Ele ser um aluno ativo em sala de aula e... as outras atividades além que passo.” (P4, primeira entrevista semiestruturada)

Fonte: Dados obtidos da primeira entrevista semiestruturada.

Como explicitado, o conceito de avaliação formativa é citado por três, dos quatro participantes da pesquisa, bem como o conceito de avaliação somativa, citado por P3 e P4. De acordo com Almeida (2019, p. 157), a Avaliação Formativa “funciona como um instrumento de controle de qualidade”. Almeida (2019, p. 158) conclui, ainda, que a avaliação formativa:

Permite ao aluno tomar conhecimento dos seus acertos e erros de forma sistemática e controlada, permitindo que haja uma orientação do estudo do aluno em relação ao trabalho do professor, no sentido de aperfeiçoar as intervenções didático-pedagógicas para um ensino de excelência em todos os níveis.

Sobre a Avaliação Somativa, o autor pontua que essa:

se realiza ao final de um processo (por exemplo, de uma unidade ou de um curso), fornecendo informações sobre o nível de aprendizagem alcançado e comparando os resultados obtidos, visando também à atribuição de notas. (ALMEIDA, 2019 p. 158)

Apesar de aparecer explicitamente nos excertos de P2, P3 e P4, consideramos que a fala de P1 tonaliza o caráter mais próximo à avaliação formativa no contexto da avaliação em sala de aula, no sentido de controle de qualidade, auto-orientação em relação ao trabalho do professor, em uma perspectiva mais processual. P2 reflete este entendimento, em parte, ao explicitar a relação formativa com “o dia-a-dia” da sala de aula e, implicitamente, P4 considera as mesmas ponderações. P3, por sua vez, explicita uma relação somativa às diferentes estratégias e/ou instrumentos específicos que seriam utilizados para mensurar a aprendizagem dos estudantes, o que, de fato, caracteriza-se enquanto perspectiva deste tipo de

avaliação, porém, não há explícito o entendimento de P3 com relação à realização de avaliação somativa ao final do(s) processo(s).

A característica de avaliação somativa, na perspectiva de Almeida (2019), aparece explicitamente em outro excerto de P1:

“[...] tem que estar elaborando uma avaliação que dá pra testar aquilo que você passou, você trabalhou ali durante o mês. Eu não sou muito preocupado com a nota que o aluno vai tirar [...]. Eu nunca zero uma questão se o aluno começou a desenvolver. Analiso uma a uma [questão por questão]... [...] eu gosto igual isso que eu estou te falando, eu vou dando uma analisada, pra eu poder dar uma nota pra ele... não zerar ele.” (P1, primeira entrevista semiestruturada)

Além da característica apontada, vale ressaltar a visão de não-exclusão que P1 apresenta, no sentido em que deve acontecer a avaliação do desenvolvimento do estudante ao invés de uma mera exclusão/classificação. Isso mostra, inclusive, a importância da própria avaliação somativa em sala de aula, quando esta não se torna meramente classificatória e/ou excludente, mas, que possa fornecer, citando Almeida (2019, p. 158), “informações sobre o nível de aprendizagem alcançado”.

Embora discutida de forma mais abrangente no âmbito da primeira entrevista semiestruturada, as respostas dos participantes para a Questão 8 do CoRe revela uma ideia esvaziada de avaliação, baseada apenas na capacidade de reprodução do conteúdo estudado em questões, problemas e/ou testes daquilo que podemos caracterizar como “provas tradicionais”, a dialogar com Lazzarin *et al.* (2007).

P3, além da mera reprodução de conteúdo em provas, que explicitou em sua Representação de Conteúdo, considera as discussões que ocorrerem em sala de aula como forma de avaliar a aprendizagem dos estudantes, o que confere uma aproximação ao aspecto formativo da avaliação a ser realizada.

Reconhecendo o caráter processual que esta pesquisa tomou ao longo da coleta de dados, em que aquilo que foi explicitado ao longo da primeira entrevista semiestruturada pudesse caracterizar narrativas de experiência dos participantes e, a Representação de Conteúdo e segunda entrevista semiestruturada pudessem refletir potencialmente um momento de (re)planejamento e (re)estruturação do próprio tópico de estudo na perspectiva desses participantes, perguntamos – na segunda entrevista semiestruturada – para cada um deles qual seria a melhor forma de avaliação da compreensão dos estudantes sobre o conteúdo de estequiometria. Destacamos os excertos na Figura 21, a seguir:

Figura 21 - Respostas de P1 a P4 sobre as melhores formas de se avaliar a aprendizagem dos estudantes em estequiometria.

“Eu acho que com resolução de exercícios mesmo. Porque a gente não vai ter, assim, tempo hábil para explorar recursos, né, você sabe que numa aula de 50 minutos, duas aulas por semana, fica difícil pra gente também ficar montando muita coisa diferenciada... que tem outras maneiras de se analisar, [...] teria sim, mas não vejo como.” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“A respeito do cálculo estequiométrico, a única possibilidade que eu vejo mais interessante e talvez efetiva de fazer uma avaliação seria com o estudo de caso, aonde o caso fosse sugerido pela classe. Mas, uma sugestão que tivesse vindo no meio de uma discussão. Então, durante uma aula cotidiana surgisse ali um ‘insight’ de alguma informação dada pelo aluno e posteriormente o professor tivesse o trabalho de pensar uma situação que fosse próxima à realidade dele, para que, no momento da avaliação, esse aluno pudesse debruçar sobre aquilo e imaginar aquela situação no cotidiano dele. Talvez aí, até se tivesse condições [...] mas as condições estruturais acho que não favoreceriam o ensino por investigação. Mas, seria também uma ótima forma de você colocar esse menino diante de uma situação problema por meio de um estudo de caso para ele investigar por meio experimental ou algo nesse sentido.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

“Eu acredito que uma avaliação mais formativa... é, avaliar tudo. Desde um diálogo, né, uma pergunta que você faz pra ver se o aluno está com alguma dificuldade, até, assim, as avaliações mesmo que são estipuladas pra gente fazer. Acredito que tudo.” (P3, segunda entrevista semiestruturada)

“Poderia ser [avaliação escrita], também, né, mas, igual tem aquele ditado popular que, às vezes ‘prova não prova ninguém’, né, mas acho que seria bem interessante, assim, uma aula oral. Uma aula, ir explicando com outros exemplos, fazendo perguntas pra eles pra ver o nível das respostas. Acho que aí daria pra ver também se ele aprendeu mesmo o conteúdo.” (P4, segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: Dados obtidos da segunda entrevista semiestruturada.

Diante disso, é possível perceber que, embora diferentes, as propostas explicitadas pelos participantes são mais abrangentes. P2, P3 e P4 explicitaram um conhecimento formalizado sobre avaliação, o que sugere o desenvolvimento desta base de conhecimento. P1, embora não tenha explicitado especificamente os conceitos tradicionalmente discutidos na literatura científica sobre a temática avaliação, demonstrou certo desenvolvimento de sua base de conhecimentos a partir da própria prática docente.

Além disso, P2 e P4 mencionaram, ainda, outras estratégias de avaliação que podem auxiliar neste processo em sala de aula, quais sejam: a avaliação oral, os estudos de caso e o ensino por investigação. Reconhecemos, portanto, as evidências de que P2 – no contexto da presente investigação – demonstrou ter uma base de conhecimentos mais desenvolvida, no que diz respeito ao conhecimento de avaliação.

A abrangência das estratégias mencionadas por todos os participantes sugere uma transformação do conhecimento do conteúdo na base desse componente. Ou seja, entendemos que o conhecimento profissional de estequiometria do componente avaliação se desenvolveu através de processos de interpretação conforme o modelo de Azam (2019).

5.2.10 Conhecimento da diversidade dos estudantes

De acordo com Azam (2019, p. 287, tradução nossa), o conhecimento da diversidade dos estudantes pode ser descrito na forma das “visões e ideias sobre o direcionamento da

diversidade dos estudantes para ensinar um tópico específico de Ciências” na perspectiva do desenvolvimento de um TSPK da diversidade dos estudantes para educação inclusiva em Ciências.

Como o conhecimento da diversidade dos estudantes não esteve manifesto durante a primeira e segunda etapas de coleta de dados, os participantes foram provocados – no âmbito da segunda entrevista – a descrever suas experiências, visões e ideias sobre esta temática e, a partir das respostas de cada um, construímos a Figura 22 com os excertos a seguir:

Figura 22 - Respostas de P1 a P4 acerca do conhecimento da diversidade dos estudantes.

“Não, eu não faço não [atividades específicas para estudantes em inclusão]. Geralmente tem algum acompanhamento, a gente discute muito isso nas reuniões pedagógicas, vê o que pode fazer [...]” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“Na escola pública não, mas na particular eu tô tendo agora, uma aluna com Síndrome de Down e é exatamente esse o conteúdo [estequiometria] que a gente adentrou e já tô começando a perder mais cabelo do que eu já não tenho, né, [...] até conversei com um professor lá e falei “como que eu vou fazer uma avaliação pra ela?” pra ensinar estequiometria para essa menina? Então é a primeira experiência que eu tô tendo. Sinceramente, a única possibilidade que eu pensei é, porque você não vai colocar uma reação química ali pra uma pessoa com Síndrome de Down, eu acho que isso a gente pode até estender pra outros tipos de deficiência mas talvez fazer relações com coisas mais concretas, então até pensei em fazer, assim, a questão da proporcionalidade, uma ideia que me veio a cabeça é você colocar lá uns bichinhos lá, algo mais plausível, fazer o aluno pensar na proporcionalidade, por exemplo “quantos bichinhos eu tenho e quantas patinhas vão ter?” então seria mais ou menos essa ideia. De não trabalhar de uma maneira tão direta o cálculo estequiométrico mas essa questão da proporcionalidade... essa questão da inclusão ainda por conta de a escola regular agora ter que, eu não digo nem aceitar, mas ter que trabalhar com alunos tão heterogêneos assim, os professores estarem completamente despreparados assim. É o grande desafio que a gente tá tendo.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

“Sim, lembro... eu trabalhei com modelo... modelinho atômico pra ajudar porque era uma aluna deficiente auditiva, então a gente aproveitava o visual dela, né, pra poder explicar. Aqueles modelinhos de palito, bolinha, sabe? E a gente também preparava atividades adaptadas, é, por exemplo, quando fosse pra fazer um cálculo, a gente deixava o cálculo em andamento e deixava alguns pontos pra ela ir completando. E, assim, eu digo a gente porque a intérprete dela me auxiliava bastante, sabe, aproveitava mesmo a intérprete pra poder me ajudar nessa questão. E assim, eu gosto muito de me preocupar, sabe, com essas questões.” (P3, segunda entrevista semiestruturada)

“Já trabalhei com aluno surdo-mudo, já trabalhei com déficit de atenção, já trabalhei com alunos autistas, inclusive tá tendo bastante esse ano. Tô trabalhando sim, trabalho há algum tempo já... a partir do momento que teve essa inclusão, né, na escola pública, eu já comecei a ter alunos sim. [...] estequiometria eu trabalhei com essa parte de inclusão esse ano. Foi o primeiro ano, até então eu não tinha trabalhado porque não tinha alunos das séries que tava vendo o conteúdo de estequiometria. [...] tem alunos que precisam de prova especial do terceiro ano e também do PET adaptado, então, assim, pra passar esse conteúdo [estequiometria] pra eles bem voltado pro dia-a-dia, igual eu falei pra você do exemplo das receitas. No PET adaptado eu coloquei exemplos, coloquei imagens que chamam a atenção deles, então eu trabalhei dessa forma.” (P4, segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: dados obtidos da segunda entrevista semiestruturada.

Em razão dos dados explicitados, buscamos em Santos, Obando e Cavalcanti (2021) o significado e distinções entre Educação Especial e Educação Inclusiva. Os autores, a partir de um panorama legislativo, distinguem os dois termos na medida em que compreendem o primeiro como uma modalidade de ensino transversal e o segundo, uma perspectiva educacional, mais ampla, mais abrangente. Importa ressaltarmos a inclusão enquanto um movimento nacional que esteja intimamente ligado à diferença, conforme apontado por Orrú

(2018), mas nunca na forma de acentuá-las. Para Orrú (2018, 141-142), “tanto a inclusão como a diferença só podem existir na própria diferença, jamais no território do ‘igual’, do *homo*”.

Santos, Obando e Cavalcanti (2021) e Orrú (2018) criticam qualquer possibilidade de inclusão que seja pensada do ponto de vista da universalização, da construção do sujeito de acordo com um padrão existente, da marginalização das diferenças inerentes a uma minoria e sua conseqüente exclusão pela própria existência do igual, inclusive na perspectiva do currículo. Ou seja, uma educação propriamente inclusiva deve se basear em uma relação de reconhecimento e respeito às próprias diferenças. O reconhecimento da diferença reafirma a própria existência e esta última, o próprio sentido de pertencimento.

Essa discussão nos permite depreender, a partir dos dados coletados, que as visões e ideias apresentadas pelos participantes são bastante limitadas e, possivelmente, distantes de uma proposta de educação propriamente inclusiva. Os participantes condicionam o mesmo objetivo de ensino e aprendizagem para todos os seus estudantes, possivelmente desconsiderando as diferenças existentes dentro da sala de aula. À medida que se considera quais os diferentes caminhos para se atingir um ponto comum, nos deparamos com a mesma perspectiva de igualdade, universalização dos objetivos e da construção de um sujeito padrão, marginalizando a existência das diferenças entre estes sujeitos da aprendizagem. A perspectiva de inclusão aparece, mesmo de forma tímida, a partir da adaptação das atividades e/ou estratégias de ensino, concebidas especialmente para um público diverso, com características diversas, como aparece nas falas de P2, P3 e P4, com maior aprofundamento em P3, cuja explicitação se dá, inclusive a partir das potencialidades daquele sujeito próprio – naquele caso, de uma estudante com deficiência auditiva – em questão, explorando outros sentidos que lhes são apropriados.

Com isso, nossa inferência é que os professores – a partir da explicitação de uma concepção limitada sobre a educação inclusiva – modificam esta base de conhecimentos, ou seja, a transformam na base do conhecimento do conteúdo, nos levando à generalização de processos de especificação, conforme aponta Azam (2019).

5.2.11 Conhecimento de tecnologia

Não foram identificadas manifestações do Conhecimento de tecnologia nas duas primeiras etapas de coleta de dados da pesquisa e, por isso, os participantes foram indagados na segunda entrevista semiestruturada sobre a utilização de tecnologias no âmbito de sua

prática pedagógica e, mais especificamente, sobre a tecnologia para o desenvolvimento do tópico estequiometria em situações de ensino e aprendizagem.

De acordo com Azam (2019, p. 287, tradução nossa), o conhecimento de tecnologia contempla as “visões e ideias sobre o uso da tecnologia para ensinar um tópico específico de Ciências”. As manifestações dos participantes sobre este componente são mostradas na Figura 23, a seguir:

Figura 23 - Manifestações dos participantes acerca do Conhecimento de Tecnologia para o ensino de estequiometria.

“Não [uso recursos tecnológicos em sala de aula], quadro e giz. [...] Uai, posso até dizer pra você que uma aula em PowerPoint, uma coisinha diferenciada, até sim. [...] o uso de mídia, sim, com imagem. Montar um PowerPoint com imagem, talvez com animação [...]” (P1, segunda entrevista semiestruturada)

“[...] por conta dessa perspectiva pandêmica [...] a gente acabou fazendo uso da tecnologia, de slides ou algo nesse sentido, pra tentar aproximar um pouco mais o aspecto conteudista, se assim podemos dizer, do aluno. Não sei como é que vai ser a minha prática futura, com a volta ao novo normal [...]. Ainda assim a gente percebe, pelo menos nas experiências que eu tive agora de aulas síncronas com alunos do estado, que eles tiveram uma aceitabilidade muito boa, [...] eu tô gostando da experiência.” (P2, segunda entrevista semiestruturada)

“Assim, agora eu uso [recursos tecnológicos no ensino de estequiometria] devido ao contexto pandêmico, mas antes não, não costumava... tecnológico não. Eu posso usar um vídeo, assim, pra auxiliar na compreensão... [...] Antes da pandemia não. Só teórico mesmo, assim, quadro, lousa...” (P3, segunda entrevista semiestruturada)

“Bom, a parte de estequiometria não. Assim, agora este ano que eu usei, né, que eu preparei aula no PowerPoint, utilizei então o computador, na aula, a parte de slides e tudo mais. Mas, quando não era pandemia, até então era só a lousa e o material impresso mesmo, que são os livros, né, alguma coisa que eu passava no quadro e só.” (P4, segunda entrevista semiestruturada)

Fonte: dados obtidos da segunda entrevista semiestruturada.

É possível perceber, inicialmente, o impacto que a pandemia gerou no processo educativo presente nos excertos da Figura 23. Três dos quatro participantes da pesquisa – P2, P3 e P4 – afirmaram ter utilizado tecnologias educacionais (recursos tecnológicos) apenas a partir do contexto de pandemia vigente, por conta da necessidade de isolamento social. Da mesma forma, mas não explicitamente, P1 explicita a possibilidade de utilização de recursos tecnológicos em sua prática docente, independente do contexto atual, mas reforçou a possibilidade e não sua efetiva utilização.

Por outro lado, o próprio entendimento de tecnologias para o ensino de Química pode ser limitado às Tecnologias de Informação e Comunicação – que, de fato, representam tecnologias de ensino – de forma a depositar apenas este entendimento sobre a definição de tecnologia. Kenski (2015, p. 18) destaca que “ao conjunto de conhecimentos e princípios científicos que se aplicam ao planejamento, à construção e à utilização de um equipamento em determinado tipo de atividade, chamamos de ‘tecnologia’”.

Mesmo com os recursos tecnológicos explicitados pelos participantes da pesquisa, é possível perceber que estes são utilizados de forma a manter um ensino mais tradicional, ou

seja, a centralidade no papel do professor e a manutenção da segurança em sala de aula por meio de um centro de informações no sujeito professor. Mas há diversos outros recursos tecnológicos que podem ser utilizados no contexto educacional e, especificamente, no ensino de Química. Barro, Ferreira e Queiroz (2008) reportam sobre a utilização de *blogs* em uma disciplina de comunicação científica no ensino superior; Moreno e Heidelmann (2017) sintetizam diversos recursos instrucionais – inovadores, nas palavras dos autores – para o ensino de Química, principalmente abordando os conceitos de tecnologias computacionais e aplicativos educacionais de Química; Leite (2019) discute a importância das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no ensino de Química nos últimos trinta anos. Este último, inclusive, tem autoria de um livro que aborda a relação entre a tecnologia e o ensino, *cibercultura*, *cyberbullying* e *ciberespaço*, além de teorias de aprendizagem aplicadas ao uso das TIC e diversos recursos e *softwares* que podem ser utilizados na perspectiva do ensino de Química (LEITE, 2015).

Os participantes relataram utilizar-se das referidas tecnologias para ensinar estequiometria em função da situação recente provocada pela pandemia. Dessa forma, é possível entender que o conteúdo químico possa ter sido adaptado para o uso dessas tecnologias, de forma que o conhecimento profissional de tecnologias por parte desses participantes também tenha sido transformado no ensino de estequiometria, uma vez que diversos *softwares* e recursos tecnológicos que possibilitam a comunicação síncrona e assíncrona passaram a integrar a base de conhecimentos de tecnologia desses participantes. Essa reflexão nos conduz a inferir sobre a possibilidade de um processo de síntese pelos participantes, uma vez que tanto o conhecimento do conteúdo quanto o conhecimento de tecnologias possam ter sido transformados de forma integrada, na perspectiva de Azam (2019).

5.3 O CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DO TÓPICO ESTEQUIOMETRIA DOCUMENTADO NOS PaP-eRs

Finalizadas as etapas de coleta de dados, foram elaborados, a partir da imersão no *corpus*, os Repertórios de Experiência Pedagógica e Profissional (PaP-eRs) e posteriormente enviados, via correio eletrônico, aos participantes para a etapa de validação. Após validados por eles, os PaP-eRs constituíram-se de importante fonte para a triangulação de dados da pesquisa.

Os PaP-eRs – constantes dos apêndices G, H, I e J – foram construídos a partir de cinco subtemas que consideram as variadas manifestações do conhecimento profissional dos participantes – discutidos no item 5.2 – e suas experiências pedagógicas na perspectiva das narrativas da prática. Para que fosse possível acessar o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de Estequiometria desses participantes admitiu-se as mesmas seções do documento para cada um deles, quais sejam: crenças didáticas e o ensino de estequiometria (NOVAIS; SIQUEIRA; MARCONDES, 2011); dos objetivos e importância em se ensinar estequiometria e sua relação com o currículo; dos contextos de ensino, dos estudantes, sua diversidade, aprendizagens e dificuldades; dos recursos e estratégias para o ensino de estequiometria; e, da avaliação da aprendizagem em estequiometria.

As crenças didáticas, parte do primeiro subtítulo adotados nos PaP-eRs, são definidas por Moraes (2011, p. 50) como

Formulações simbólicas dos professores quando expressam certezas subjetivas, pragmáticas, sem confrontação empírica, sendo estas constituídas por pressupostos culturais e ideais sobre como aprender/ensinar ciências, baseados em sua experiência educacional anterior, leituras prévias e contatos com pessoas ou grupos influentes.

Dessa forma, dialogando com nosso referencial teórico, as crenças didáticas dos participantes de nossa pesquisa podem estar relacionadas às práticas reflexivas presentes no modelo de trabalho proposto por Azam (2019), exercendo o papel de moldar os componentes do conhecimento profissional desses participantes.

Na seção anterior discutimos cada um dos componentes do conhecimento profissional dos participantes, o que suporta a ênfase naquilo que emergiu dos dados coletados a respeito de cada uma das bases de conhecimento profissional. Nesta seção, diferentemente, o foco está na discussão do TSPCK de cada um dos participantes, a partir da construção do PaP-eR, que sintetiza as manifestações do TSPCK de cada participante. Azam (2019) propôs o modelo de trabalho a partir da distinção entre esses dois conceitos: o conhecimento profissional do tópico (TSPK), que considera os processos de interpretação, especificação e síntese quando da combinação do conhecimento do conteúdo com as demais bases de conhecimento; e o conhecimento pedagógico do conteúdo, amálgama formado entre todos os componentes do conhecimento do tópico, para situações específicas de ensino.

Nestes termos, a partir dos PaP-eRs construídos para cada participante, discutiremos aspectos relacionados ao TSPCK de cada um, com a finalidade de consolidar a sistematização desse TSPCK, proposta por nossa investigação.

5.3.1 O TSPCK de Estequiometria de P1

Considerando todas as discussões realizadas a partir da coleta de dados, é possível reconhecer que P1 tende a desenvolver seu TSPCK a partir de suas vivências e experiências profissionais. Esta inferência é corroborada em diversos momentos de nossa coleta de dados, por exemplo, quando P1 comenta sobre a capacidade de alguns estudantes em aprender sozinhos o conteúdo, quando diz, na segunda entrevista semiestruturada: *“Eu, por exemplo, eu nunca prestei atenção, mas eu estudava bastante pelo livro e conseguia aprender sozinho [...]”* (P1, segunda entrevista semiestruturada); ou, ainda, quando comenta não buscar formação continuada por esta ser pouco relacionada à sua disciplina ou a formação não ser valorizada no exercício profissional.

Soma-se a este desenvolvimento profissional baseado na experiência vivida, ambiental, o fato de P1 não ter ensinado estequiometria em sala de aula até o momento da realização da coleta de dados, de forma a não ter experiências e situações de ensino que possam ter contribuído para seu aperfeiçoamento profissional no tópico pesquisado, como práticas reflexivas, de acordo com o nosso referencial teórico (AZAM, 2019).

Com relação ao conhecimento do conteúdo, P1 demonstra um direcionamento mais lógico-matemático com relação ao tópico, relacionando-o ao aspecto quantitativo. Percebemos uma sobreposição do nível simbólico em detrimento às outras dimensões do conhecimento químico quando P1 relata ser importante aprender estequiometria porque desenvolve o raciocínio e, também, quando relaciona “operações matemáticas”; “proporções” e “notação científica” como principais ideias para desenvolver o conteúdo de estequiometria no CoRe. A maneira pela qual relata ensinar estequiometria, a partir da reprodução de uma tabela de proporções na lousa, também é outro fato que corrobora com nossa inferência com relação à sobreposição do nível simbólico.

A metodologia tradicional descrita por P1 no âmbito das narrativas da prática pedagógica sugere pouco desenvolvimento profissional de recursos e estratégias de ensino, inclusive quando reflete que não há tempo para se desenvolver estratégias diferenciadas de avaliação, recursos, metodologias e adaptação de atividades para o público de estudantes em inclusão. O planejamento desenvolvido por P1 é baseado na sequência de um livro didático e essa informação é corroborada quando, na primeira entrevista semiestruturada, P1 afirma: *“não me norteio por ele [pelo CBC]”* (P1, primeira entrevista semiestruturada).

A partir dos dados coletados, reconhecemos que a mobilização de bases de conhecimento para o ensino de estequiometria de P1 centraliza-se principalmente no

conhecimento de recursos, conhecimento de estratégias e conhecimento das dificuldades dos estudantes. Isso não significa necessariamente que tais bases estejam satisfatoriamente desenvolvidas, mas que estas são as mais evidentes a partir dos dados obtidos na presente pesquisa. Da mesma forma, as outras bases de conhecimento são pouco mobilizadas para o ensino do tópico. Ao longo da análise dos dados, há experiências relatadas por P1 que possivelmente possam ter contribuído para o desenvolvimento de seu TSPCK em estequiometria a partir da mobilização sugerida das bases de conhecimento citadas, mas reconhecemos, por exemplo, que as experiências vividas no âmbito do conhecimento da diversidade dos estudantes pouco tenham contribuído para o desenvolvimento de seu TSPCK de estequiometria, uma vez que P1 relata ter pouco tempo para planejamento das atividades e adaptação destas para o público em inclusão, ao mesmo tempo em que reconhece as discussões sobre educação inclusiva realizadas nas reuniões pedagógicas da unidade escolar em que trabalha. Essa situação envolvendo o conhecimento de diversidades orienta nossa inferência de que o possível desenvolvimento do conhecimento de diversidades possa não ter contribuído para o desenvolvimento do TSPCK de P1 até o momento da coleta de dados de nossa investigação.

5.3.2 O TSPCK de Estequiometria de P2

Quanto ao TSPCK de P2, nossa primeira inferência é que o desenvolvimento de seu TSPCK em estequiometria tenha origens de sua experiência pessoal – ambiental, vivida –, sua experiência profissional no exercício da prática docente e, também, de sua formação continuada – formal ou informal. P2, atualmente, é discente de pós-graduação, em nível de doutorado, em Educação Química – fato que corrobora com nossa inferência a respeito da formação continuada ter contribuído na construção de seu TSPCK – e, além disso, relatou seu gosto por estudar e pela própria docência no âmbito da primeira entrevista semiestruturada. P2 também relatou ter participado do planejamento de uma atividade inovadora relacionada ao conteúdo de estequiometria, o que se relaciona com sua experiência profissional no exercício da docência. Por fim, P2 menciona em diversas situações seu caráter “conteudista”, “tradicional”, ao ensinar estequiometria, algo que provavelmente se relaciona com sua experiência vivida, ambiental.

Destacadas estas origens prováveis e a partir do PaP-eR construído para P2 (APÊNDICE H), é possível reconhecer um alinhamento maior ao ensino do tópico de forma

contextualizada, mais do que o próprio *conteudismo* apontado em sua fala em alguns momentos da coleta de dados. A busca por relações com a vida em sociedade, para os estudantes, esteve presente em todas as etapas de coleta de dados desta investigação. A crença na experiência didática como forma de aperfeiçoamento docente se assemelha ao conceito de “sabedoria da prática” já discutida por Shulman (2007), não como forma de moldar profissionalmente um sujeito, mas como forma de ampliar o leque de possibilidades para sua atuação, seu repertório profissional.

Apesar de utilizar o CBC como documento orientador e relatar não ter encontrado nenhuma menção ao tópico estequiometria nesse documento, P2 explicita achar necessário o ensino de estequiometria na segunda série do ensino médio, justificando que nessa etapa, provavelmente, já teria conseguido ensinar o conteúdo de reações químicas, conceito chave – nas palavras de P2 – para o conteúdo de estequiometria. A importância de se ensinar estequiometria, segundo P2, se deve à sua relação com diversas áreas, conteúdos e conceitos da Química e, neste ponto, P2 relata que o estudante que queira ser um profissional da área, minimamente deve conhecer sobre estequiometria.

Dois pontos merecem destaque nesta discussão: em primeiro lugar, P2 demonstra conhecimento profissional sobre a aprendizagem dos estudantes, ao explicitar a relação íntima entre reações químicas e estequiometria – o que, fundamentalmente, precisa ser um objeto de conhecimento para os estudantes da educação básica; em segundo lugar, apesar de reconhecer a importância do conteúdo para o estudo da Química, cabe-nos discutir que, conforme desenvolvido no subitem “Conhecimento do Currículo”, o estudo da estequiometria não deve ter um fim em si mesmo ou, ainda, no próprio campo da Química e, sim, no desenvolvimento de competências e habilidades que contribuam à tomada de decisão responsável, por parte do estudante em sua vida na sociedade.

Ainda sobre o conhecimento da aprendizagem dos estudantes, P2 também explicita a necessidade de se estabelecer relações mais concretas com conceitos muito abstratos. Especificamente, P2 explicita que se utiliza do conceito de massa para tornar menos abstrato o conceito de quantidade de matéria. Esta intencionalidade de P2 também demonstra conhecimento desenvolvido sobre a aprendizagem dos estudantes.

Outra questão que emerge do planejamento de P2 é a relação de diálogo com os estudantes em sala de aula, enquanto parte do seu conhecimento das estratégias instrucionais. P2 coloca que, por vezes, a direção das aulas é condicionada às discussões e questionamentos levantados pelos estudantes. Questionamentos que, nem sempre, possuem uma resolução

rápida e exigem – inclusive de P2 – o aprofundamento de conhecimentos e aprendizagem coletiva. Também este fato corrobora para o nosso entendimento de uma abordagem não-tradicional para o ensino de estequiometria.

Com relação à metodologia, P2 demonstra conhecimento de recursos e estratégias que sejam capazes de superar o paradigma tradicional. O planejamento de atividades práticas com miçangas, atividades experimentais, a relação dialógica em sala de aula, a exploração de contextos do cotidiano dos estudantes, a proposta do estudo de caso ou ensino por investigação são exemplos de recursos e estratégias que podem – potencialmente – romper com o ensino centrado na figura do professor. Embora seja desenvolvido o conhecimento profissional de recursos e de estratégias, P2 ainda reconhece a necessidade de colocar em prática estas atividades explicitadas no âmbito de seu planejamento (estudo de caso, ensino por investigação, atividades práticas e experimentais etc).

O conhecimento dos contextos, para P2, é algo também relevante para se discutir no âmbito do TSPCK de estequiometria. P2 atua em diferentes modalidades de ensino, com diferentes realidades e consegue explicitar seu ponto de vista sobre cada uma delas. Há menções ao ensino de estequiometria no ensino público regular e na educação privada. Quando P2 relata sobre o ensino regular e EJA noturno, expõe sobre as dificuldades – segundo P2, ainda maiores – que aparecem para o ensino de estequiometria para esse público estudantil. No contexto da educação privada, ainda, P2 menciona sua experiência em ensinar estequiometria para uma estudante em processo de inclusão, tentando criar possibilidades que possam romper as barreiras existentes na linguagem e na comunicação para a construção do conhecimento químico. Todas essas experiências profissionais explicitadas no âmbito de nossa coleta de dados sugerem o desenvolvimento do conhecimento de contextos por P2.

Embora ainda haja manifestações de outras bases de conhecimentos – por exemplo, o conhecimento de avaliação, dificuldades dos estudantes, tecnologias etc. –, identificamos que P2 possui o TSPCK de estequiometria desenvolvido principalmente a partir do conhecimento de recursos, estratégias, aprendizagem dos estudantes e contextos, além do próprio conhecimento do conteúdo.

5.3.3 O TSPCK de Estequiometria de P3

Para P3, o TSPCK de estequiometria é desenvolvido, também e principalmente, pelas vivências que ocorreram ao longo de sua formação. As informações que corroboram essa

inferência partem dos nossos dados, em que P3 explicita a influência de ensinar estequiometria por resolução de exercícios ainda na graduação, considerando a forma adotada pelo professor responsável pelo ensino do conteúdo, utilizando essa mesma estratégia. Na primeira entrevista, P3, inclusive, relata não ter procurado informações sobre o ensino do tópico na literatura científica (restando, portanto, apenas sua formação ambientalizada durante a graduação). Outra oportunidade de desenvolver-se no tópico de nossa pesquisa – e também explicitada na segunda entrevista semiestruturada – foi o estágio docente durante a pós-graduação na modalidade mestrado de P3. Esta experiência vivida certamente exerceu influências no desenvolvimento do TSPCK de P3, evidenciadas a partir da construção do CoRe.

O conhecimento de currículo, explicitado por P3, evidencia-se em todas as etapas da coleta de dados. P3 relata orientar-se pelo CBC, no momento da primeira entrevista semiestruturada, bem como demonstra conhecimento do CRMG que estaria em fase de elaboração pelo sistema mineiro de ensino àquela época. Além disso, P3 foi capaz de refletir sobre o currículo a ponto de identificar lacunas – como a do conteúdo de estequiometria, por exemplo – e propor complementações (como a transversalidade proposta em diálogo com a temática ambiental, presente também no CoRe).

O conhecimento de estratégias e de recursos também se mostra evidente, principalmente, a partir da ambientalização do tópico proposta por P3 em sua Representação de Conteúdo. Outros recursos e estratégias mais utilizados estão presentes, como a utilização de textos (alguns de sua própria autoria), a contextualização e a proposição de discussões, o que denota o desenvolvimento desses componentes do conhecimento profissional. Interessamos ressaltar, inclusive, o conhecimento do conteúdo referente aos conceitos de reagente limitante e em excesso, algo não explicitado por outros participantes nas fases de coleta de dados e que representa, também, o conhecimento do conteúdo bastante pertinente ao tópico pesquisado.

A percepção de P3 com relação às dificuldades dos estudantes indica, também, o desenvolvimento e mobilização desta base de conhecimentos para o ensino de estequiometria. P3 relata ter criado estratégias para sanar dificuldades relacionadas ao desenvolvimento de cálculos e/ou operações matemáticas, ou seja, o desenvolvimento do TSPCK também se deve à identificação – pela própria experiência profissional – das dificuldades dos estudantes. A partir disso, P3 reflete sobre possibilidades de superação desses obstáculos de aprendizagem.

Portanto, nossa inferência é que P3 utiliza-se, principalmente, de mobilizações de seus conhecimentos de recursos, estratégias, dificuldades dos estudantes e do currículo para o desenvolvimento do TSPCK de estequiometria, como evidenciado nessa discussão.

5.3.4 O TSPCK de Estequiometria de P4

De forma semelhante aos outros participantes, o TSPCK de P4 também parece ser desenvolvido a partir de sua experiência profissional e sua formação ambiental. Algo que suporta essa argumentação consta da primeira entrevista semiestruturada, quando P4 relata que seus estudos são necessários para embasar sua prática pedagógica, em virtude da mudança dos atores envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, bem como das séries do ensino médio em que P4 leciona, ao longo dos anos.

O conhecimento do currículo é bem desenvolvido e evidente, uma vez que P4 relata utilizar-se do CBC como documento orientador e foi capaz de refletir sobre tal documento, na medida em que expôs algumas fragilidades, principalmente relacionadas à alta concentração de conceitos químicos para uma única habilidade – por exemplo, a previsão de funções orgânicas oxigenadas, nitrogenadas e hidrocarbonetos em uma única habilidade do documento. Outra questão que emerge dos dados coletados relaciona-se à sequência didática adotada, que se difere da sequência do currículo mineiro, criada e/ou adaptada por P4.

As ideias previstas no CoRe de P4 também corroboram para o entendimento de um conhecimento de currículo mais sistematizado, uma vez que é possível reconhecer uma relação com o conhecimento químico mais estritamente ligado ao conteúdo de estequiometria em toda a Representação de Conteúdo. Como sugere Fernandez (2015), à medida que a experiência profissional do professor avança, o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo torna-se mais acessível, mais sistematizado e, portanto, mais disponível com maior facilidade.

O conhecimento das dificuldades dos estudantes também é evidente nos dados coletados. P4 reconhece dificuldades dos estudantes que estão relacionadas com o próprio conhecimento químico, explicitando dificuldades em conhecimentos prévios que servem como base para o desenvolvimento de outros conteúdos. Essas dificuldades, segundo P4, são identificadas pela própria atividade docente, no âmbito da prática pedagógica. Com relação aos conhecimentos prévios, inclusive, P4 considera a importância de ensinar estequiometria na educação básica por conta desse conteúdo relacionar-se a diversos outros.

O conhecimento de recursos e estratégias, explicitado por P4, também merece ser discutido. P4 apresenta diversos recursos e estratégias, tais como atividades em dupla ou em

grupo, discussões, experimentação, associação do conteúdo com o cotidiano dos estudantes. Parte desses recursos e estratégias já é utilizada por P4 em sala de aula, o que nos leva a refletir que, do ponto de vista do desenvolvimento desses conhecimentos, há melhor organização e sistematização desses componentes profissionais para o conteúdo.

Por fim, a avaliação realizada por P4 em sala de aula – de acordo suas próprias narrativas – assemelha-se a uma atividade mais processual e formativa. P4 considera elementos do dia-a-dia em sala de aula dos estudantes em sua avaliação, bem como outras estratégias de avaliação, como atividades extraclasse, avaliações escritas e discussões realizadas, sugerindo melhor desenvolvimento dessa base de conhecimentos. Além disso, P4 explicita utilizar-se dos resultados das avaliações para (re)planejar sua prática pedagógica e avaliar as condições de avanço na construção do conhecimento químico a partir desses resultados. Em conclusão, nossa inferência é que P4 utiliza-se mais de mobilizações de componentes como o conhecimento de avaliação, de currículo, de recursos e de estratégias para o desenvolvimento do TSPCK de estequiometria, a partir dos dados coletados.

Considerando os PaP-eRs elaborados para cada um dos participantes, o Quadro 6 apresenta os componentes do TSPCK que ficaram mais evidentes a partir de nossa análise e discussão:

Quadro 6 - Componentes do TSPCK de estequiometria mais evidentes para cada participante da pesquisa.

Participante	Conhecimentos mais evidentes
P1	Conhecimento de Recursos; Conhecimento de Estratégias; Conhecimento das Dificuldades dos Estudantes
P2	Conhecimento de Recursos; Conhecimento de Estratégias, Conhecimento da Aprendizagem dos Estudantes; Conhecimento dos Contextos
P3	Conhecimento de Recursos; Conhecimento de Estratégias; Conhecimento das Dificuldades dos Estudantes; Conhecimento do Currículo
P4	Conhecimento de Avaliação; Conhecimento do Currículo; Conhecimento de Recursos; Conhecimento de Estratégias

Fonte: elaborado pelo autor.

Como pode ser observado, há diferentes tipos de mobilizações (dentre as mais evidentes) que foram realizadas pelos participantes da pesquisa. Isso reforça o caráter individual e idiossincrático do TSPCK destes sujeitos. Por outro lado, existem bases de conhecimentos que foram mais evidentes dentre as mobilizações e que são comuns a todos os participantes, o que demonstra certa centralidade do papel que exercem os conhecimentos de recursos e estratégias no desenvolvimento profissional destes docentes.

O fato de os conhecimentos de recursos e estratégias estarem mais evidentes nas mobilizações dos componentes do TSPCK dos professores participantes da pesquisa não se confunde com seu desenvolvimento para cada um deles, mas representa a importância que

estes componentes assumem em seu TSPCK. Não é nossa intenção discutir quais os componentes do conhecimento profissional são mais importantes e quais são menos importantes, mas cabe a reflexão de que, possivelmente, aqueles componentes que se mostraram menos evidentes nesta pesquisa talvez se relacionem de forma mais profunda com as necessidades formativas destes profissionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa pautou-se na investigação do TSPCK de estequiometria de quatro professores da educação básica que atuam no ensino público regular do município de Alfenas, a contar da definição de um quadro teórico a partir de nossa revisão de literatura, primeiro objetivo específico traçado neste processo. Os resultados e discussões apresentados nos permitem depreender a sistematização do TSPCK destes participantes, na perspectiva do modelo de trabalho proposto por Azam (2019), inclusive, de forma a identificar e responder nossa questão de pesquisa, assim como alcançar nosso segundo objetivo específico. Nossos dados nos conduzem a concluir que o caráter idiossincrático do TSPCK permite variadas mobilizações dos componentes do conhecimento profissional que envolvem as diferentes categorias do conhecimento propostas por nosso referencial teórico. Há certa similaridade, relacionada, por exemplo, ao conhecimento de estratégias e ao conhecimento de recursos, bastante evidente para os quatro participantes da pesquisa, mas também há diferenças, que incorporam outros diferentes componentes, conforme discutido no item 5.3.

De acordo com as ideias de Azam (2019), nossa pesquisa revela que as transformações do conhecimento profissional de estequiometria, pelos participantes, se deram de diferentes formas e a partir de diferentes componentes, através dos processos de especificação, interpretação ou síntese, o que se relaciona diretamente com um de nossos objetivos específicos, que diz respeito às caracterizações das transformações realizadas por eles. Nossos resultados corroboram com a afirmação de Azam (2019), na medida em que estes processos são difíceis de serem identificados e que, nem sempre ocorrem de forma isolada. Como nossa discussão sugere, há casos em que mais de um componente curricular sofre transformações através de um mesmo processo ou até com diferentes processos e, a partir disso, torna-se difícil discutir acerca desses limites entre os componentes. Nossa discussão pautou-se por uma descrição e interpretação mais didática, mas vale destacar que uma única situação pode envolver vários componentes do conhecimento profissional ao mesmo tempo. Por exemplo, à medida que P1 utiliza-se de calculadoras para resolver operações matemáticas em sala de aula, vislumbramos manifestações de três componentes do TSPCK: o conhecimento das dificuldades dos estudantes, uma vez que P1 identifica a limitação dos estudantes em realizar cálculos matemáticos no âmbito do conteúdo; o conhecimento de estratégias, tendo em vista a estratégia para mitigar a dificuldade na resolução de operações matemáticas; e o conhecimento de recursos, dada a utilização da calculadora enquanto recurso didático. Essa

mobilização de diversas bases do conhecimento para o ensino de estequiometria ocorre, em diversos momentos, para todos os participantes de nossa pesquisa.

Sobre a articulação entre o planejamento e as narrativas da prática pedagógica, outro objetivo específico a ser perseguido, o que se pode concluir de nossos resultados é que, de forma geral, ao refletirem sobre o (re)pensar e (re)planejar a prática do ensino de estequiometria a partir da construção do CoRe, esta representação tendeu a mobilizar mais conhecimentos profissionais do que aqueles que se concretizaram no chão da sala de aula. Por um lado, isso mostra a possibilidade de um fazer pedagógico mais adequado às reflexões realizadas pelos participantes no CoRe. Por outro lado, refletimos também sobre essa lacuna entre aquilo que se explicita no âmbito do planejamento (na construção do CoRe) e aquilo que se mostra efetivamente na prática pedagógica em sala de aula, tomando por base os relatos de experiência presentes nas narrativas dos participantes.

Ainda sobre a prática pedagógica, cumpre-se salientar a manifestação de diversos recursos e estratégias que podem ser utilizados para o ensino de estequiometria, sendo alguns deles muito específicos para o tópico, como as relações de proporcionalidade narradas por P1 e as relações com processos industriais e geração de resíduos, propostas por P3, por exemplo. Da mesma forma, emergem dos dados e das discussões, a sugestão de variadas estratégias de avaliação do conhecimento, como o ensino por investigação e o estudo de casos, propostos por P2. Mas, efetivamente, as narrativas das práticas pedagógicas dos participantes de nossa pesquisa explicitam que ainda prevalecem aspectos mais tradicionalmente utilizados tanto como metodologias quanto como formas de avaliação do conhecimento construído.

A partir do nosso referencial teórico, nossa análise suporta considerar que o PCK de Química dos participantes exerce influência no TSPCK de estequiometria dos mesmos. Sendo esta descrição um dos nossos objetivos específicos, cabe-nos concluir que, para muitos componentes do conhecimento profissional, o desenvolvimento do PCK para a disciplina de Química pode, necessariamente, contribuir para o desenvolvimento do TSPCK de estequiometria do professor. Essa argumentação é corroborada pelos próprios processos de interpretação discutidos no item 5.2, quando a base do conhecimento profissional é transformada na base do conhecimento do conteúdo de estequiometria. Em geral, trata-se de conhecimentos aplicáveis a outros conteúdos, para além do tópico específico de estequiometria. Nesse sentido, nossos dados sugerem que há muitos elementos do PCK disciplinar que podem contribuir para o desenvolvimento do TSPCK do tópico.

Por fim, é importante reconhecer que há alguns subsídios que nos permitem inferir sobre a relação entre o tempo de experiência dos professores e o desenvolvimento de seu TSPCK, também previsto como objetivo específico desta pesquisa. Da mesma forma que afirma Fernandez (2015) acerca do PCK, nos parece provável – uma vez que nossos dados ainda são insuficientes para premeditar sobre essa questão – que o tempo de docência no ensino de estequiometria tenha relação com a sistematização do conhecimento profissional e, com isso, há maiores possibilidades de acesso e documentação do TSPCK deste docente. Por exemplo, o próprio conteúdo e as mobilizações dos componentes do conhecimento profissional de P4 – participante com maior tempo de experiência no ensino de estequiometria – nos parecem mais organizados e mais acessíveis, de forma sistematizada. Cabe-nos explicar que esta inferência não guarda relação direta com o desenvolvimento do TSPCK, mas com seu acesso, para fins de documentação. P4 possui, de forma consolidada, conhecimentos relacionados ao currículo de estequiometria que adota na educação básica, ao próprio conteúdo ensinado e às formas adotadas para o ensino, aprendizagem e avaliação, por exemplo.

Em síntese, nossa pesquisa proporcionou a sistematização do TSPCK desses quatro participantes, a fim de documentar as manifestações do conhecimento profissional e inferir sobre as formas nas quais se dão as transformações desses componentes em relação ao conhecimento do conteúdo, contribuindo, finalmente, para compreender quais são as mobilizações que estes participantes realizam ao ensinar o conteúdo em sala de aula. O acesso a esta sistematização do TSPCK pode tornar-se útil para a formação – inicial e continuada – dos profissionais que atuam no ensino da Química, de forma geral e, de estequiometria, em particular.

7 CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO

Os resultados obtidos por esta pesquisa podem contribuir para a formação profissional – inicial ou continuada – de educadores da disciplina de Química de diversas formas. Primeiramente e, de forma específica para o contexto mineiro, nossa pesquisa foi capaz de identificar uma lacuna no currículo mineiro vigente à época de nossa coleta de dados (neste caso, o CBC). Nossa discussão expõe que o conteúdo de estequiometria não esteve presente, de forma explícita, no documento orientador de Minas Gerais e aquilo que emergiu dos dados e que se relaciona com o conhecimento do currículo dos participantes da pesquisa, revelou-se bastante comprometido, quando observamos as respostas sobre a importância de se ensinar estequiometria na educação básica e também das questões 1 e 2 do instrumento CoRe. A ausência do tópico no currículo mineiro pode ter influenciado no desenvolvimento do conhecimento dos objetivos de ensino de estequiometria dos participantes. Nossa análise, a partir dos dados coletados, demonstra um conhecimento de objetivos de ensino que se mostra pouco desenvolvido e, por sua vez, isso pode contribuir para uma visão fragmentada do conhecimento químico, na perspectiva de aprender estequiometria apenas com uma finalidade específica no próprio conteúdo. Neste sentido, esperamos que nosso estudo possa sensibilizar a comunidade acadêmica e demais professores que atuam no ensino de Química a refletir sobre as formas de integração do currículo e do conhecimento químico com intuito de fomentar a tomada de decisões, em sociedade, pautadas na responsabilidade social, cultural e na busca por relações sustentáveis entre o ser humano e a natureza. Enfim, numa perspectiva de formação para a cidadania.

Em segundo lugar, é importante salientar que o TSPCK individual, idiossincrático dos professores pode ser desenvolvido de diversas formas, através de vários processos e de mobilizações de diversos componentes do conhecimento profissional. Nesta perspectiva, a formação acadêmica com base no modelo de trabalho da Azam (2019), embora não seja determinante para o desenvolvimento do TSPCK do indivíduo, pode contribuir para uma visão ampliada sobre as competências profissionais (ou conhecimentos profissionais) que podem ser construídas e mobilizadas, para além daquelas que já se tenha conhecimento. A formação – inicial ou continuada – de professores, na perspectiva do TSPCK, pode contribuir para o desenvolvimento de potencialidades a partir de um conjunto de habilidades, de forma sistematizada, organizada e, possivelmente documentada na forma de um processo de

retroalimentação de conhecimentos que, não só o nosso referencial teórico adota, mas também diversos modelos que foram propostos a partir das ideias iniciais de Shulman (1986).

Além disso, nossa pesquisa apresenta a consolidação de diversos conhecimentos profissionais que serão, a partir de agora, disponíveis para a comunidade acadêmica e demais professores de química, podendo servir como acesso documentado ao TSPCK para o tópico de estequiometria.

Por fim, nosso estudo também pode contribuir para o desenvolvimento de novas pesquisas nesse conteúdo. Uma das lacunas identificadas trata daquilo que se deu, no estado de Minas Gerais, a respeito do ensino de estequiometria, que não era parte do Conteúdo Básico Comum e, portanto, considerado como não-obrigatório. O CBC vigorou de 2008 ao início de 2021 e a ausência de orientações explícitas para o ensino de estequiometria pode ter gerado uma incerteza a respeito do ensino do tópico nesse período. Considerando aquilo que emergiu dos dados de nossa pesquisa, para os quatro participantes, o ensino de estequiometria esteve presente e foi considerado importante para a educação básica, mas esta amostra (de quatro professores) não é representativa a realidade do estado mineiro e, portanto, discutir o ensino de estequiometria em âmbito estadual envolveria um novo processo em uma pesquisa futura.

A documentação dos processos de transformação dos componentes do conhecimento profissional nos revela, também, um campo propício para o desenvolvimento de novas pesquisas acadêmicas, tanto na perspectiva de teorização do conhecimento para tais processos, quanto na investigação da prática docente, para os diversos conteúdos e conceitos inerentes ao conhecimento químico. Pode ser relevante, na perspectiva acadêmica e científica, o conhecimento das formas e processos de junção do conhecimento do conteúdo aos outros componentes do conhecimento profissional, com a finalidade de contribuir para a própria formação docente.

Dessa forma, esperamos que a pesquisa relatada nessa dissertação possa contribuir para as discussões acerca do currículo mineiro, para a formação – inicial e continuada – de professores na perspectiva do TSPCK e, também, para o avanço do conhecimento científico relacionado ao ensino da Química.

REFERÊNCIAS

- ABELL, S. K. Twenty years later: does pedagogical content knowledge remain a useful idea? **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 10, p. 1405-1416, 2008.
- ALMEIDA, S. do C. D. de. **Convergências entre currículo e tecnologias**. Curitiba: Editora Intersaberes, 2019. 190 p. E-book. Disponível em: <https://middleware-bv.am4.com.br/SSO/unifalmg/978822700042>. Acesso em: 07 nov. 2021.
- ARROIO, A.; RODRIGUES FILHO, U. P.; DA SILVA; A. B. F. A formação do pós-graduando em química para a docência em nível superior. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1387-1392, 2006.
- AZAM, S. Distinguishing topic-specific professional knowledge from topic-specific PCK: a conceptual framework. **International Journal of Environmental and Science Education**, v. 14, n. 5, p. 281-296, 2019.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2002.
- BARRO, M. R.; FERREIRA, J. Q.; QUEIROZ, S. L. Blogs: aplicação na educação em química. **Química Nova na Escola**, n. 30, p. 10-15, 2008.
- BERNSTEIN, B. A pedagogização do conhecimento: estudos sobre recontextualização. **Cadernos de Pesquisa**, n. 120, p. 75-110, 2003.
- BINDERNAGEL, J.; EILKS, I. Evaluating roadmaps to portray and develop chemistry teachers' PCK about curricular structures concerning sub-microscopic models. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 10, p. 77-85, 2009.
- BORGES, E. R.; PINHEIRO, B. C. S.; MORADILLO, E. F. A pedagogia histórico-crítica e o ensino de estequiometria no ensino médio: a incorporação de conceitos científicos numa perspectiva contextual. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ENPEC, 2015. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0081-1.PDF> Acesso em: 27 jun. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm Acesso em: 20 jun. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio, parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> Acesso em: 20 jun. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf Acesso em: 20 jun. 2021.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **Revista de Educação do Vale do Arinos**, v. 3, n. 2, p. 23-39, 2016.

BROWN, T. L. *et al.* **Química: a ciência central**. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016. 1229 p.

CARLETTO, B. M.; MENDES, A. N. F.; BIANCO, G. Aprendizagem baseada em problema: aplicação e avaliação desta metodologia para o ensino de estequiometria. *In*: FREITAS, J. C. R. de; FREITAS, L. P. da S. R. de (org.). **Atividades de ensino e de pesquisa em química**. Ponta Grossa: Editora Atena, 2019.

CARLSON, J.; DAEHLER, K. R. The redefined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. *In*: HUME, A *et al.* (ed.). **Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science**. Singapore: Springer Nature, 2019. p. 77-92.

CAROLEI, P.; BRUNO, G.; CUNHA-ROCHA, N. Controvérsias entre recurso e estratégia pedagógica no discurso sobre a adoção de jogos eletrônicos no ensino de ciências. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017. **Anais [...]**. Florianópolis: ENPEC, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1702-1.pdf> Acesso em: 04 jul. 2021.

CARVALHO, E. G.; BULL, E. S. O uso de modelos moleculares e da experimentação para o ensino de estequiometria. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 61971-67986, 2020.

CAZARRO, F. Um experimento envolvendo estequiometria. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 53-54, 1999.

CIRILO, R. J. V.; COLAGRANDE, E. A. Instruments to access the the chemistry pedagogical content knowledge: an integrative review. **Problems of Education in the 21st century**, n. 3, v. 79, p.381-396, 2021.

CISCATO, C. A. M. *et al.* **Química 1: ensino médio**. São Paulo: Moderna, 2016. 288 p.

COOPER, H. M. Scientific guidelines for conducting integrative research reviews. **Review of Educational Research**, v. 52, n. 2, p. 291-302, 1982.

CORRÊA, E. R. **O ensino de estequiometria a partir dos pressupostos da teoria histórico cultural**. 2017. 222 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2017.

COSTA, A. A. F. da; SOUZA, J. R. da T. Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico. **Amazonia Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 10, n. 19, p. 106-116, 2013.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2010. 296 p.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. Brasília: Editora Plano, 2003. 72 p.

FERNANDES, J. M.; FREITAS-REIS, I. Estratégia didática inclusiva a alunos surdos para o ensino dos conceitos de balanceamento de equações químicas e de estequiometria para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 186-194, 2017.

FERNANDEZ, C. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FREITAS, O. C. R. de. **Equipamentos e materiais didáticos**. 4. ed. Cuiabá: Editora UFMT, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2008.

GOES, L. F. **Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no campo da educação e no ensino de química**. 2014. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GOMES, R. S.; MACEDO, S. H. Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de química. **Vértices**, v. 9, n. 1/3, p. 149-160, 2007.

GOMES, W. G. B. **A utilização da metodologia de aprendizagem baseada em problemas para o ensino de estequiometria na educação básica**. 2016. 241 f. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Matheus, 2016.

GROSSMAN, P. L. **The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education**. New York: Columbia University, 1990.

GUERRA, A. F. S.; FIGUEIREDO, M. L. Ambientalização curricular na educação superior: desafios e perspectivas. **Educar em Revista**, n. 3, p. 109-126, 2014. [Edição Especial]

HASHWEH, M. Z. Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. **Teachers and teaching: theory and practice**, v. 11, n. 3, 273-292, 2005.

HAUPT, F. T. **A utilização dos organizadores prévios para o ensino de estequiometria: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa**. 2020. 96 f. TCC (Graduação em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2020.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência e Educação**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011.

KELLNER, E. *et al.* Prospective teachers' initial conceptions about pupils' difficulties in science and mathematics: a potential resource in teacher education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 9, p. 843-866, 2011.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. Campinas: Papirus, 2015. 160 p.

KIND, V. Development of evidence-based, student-learning-oriented rubrics for pre-service science teachers' pedagogical content knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 7, p. 911-943, 2017.

KITZMANN, D.; ASMUS, M. Ambientalização sistêmica - do currículo ao socioambiente. **Currículo sem fronteiras**, v. 12, n. 1, p. 269-290, 2012.

LAZZARIN, H. C.; NAKAMA, L.; CORDONI JR., L. O papel do professor na percepção dos alunos de odontologia. **Saúde e Sociedade**, v. 16, n. 1, p. 90-101, 2007.

LEITE, B. S. **Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente**. Curitiba: Editora Appris, 2015. 365 p.

LEITE, B. S. Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 3, p. 326-340, 2019.

LOUGHRAN, J. *et al.* Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. **Research in Science Education**, v. 31, p. 289-307, 2001.

LOUGHRAN, J.; MULHALL, P.; BERRY, A. In search of pedagogical content knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 4, p. 370-391, 2004.

MAGNUNSSON, S.; KRAJCIK, L.; BORKO, H. Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. *In*: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (ed.). **Examining pedagogical content knowledge**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p. 95-132.

MAKHECHANE, M; QHOBELA, M. Understanding how chemistry teachers transform stoichiometry concepts at secondary level in Lesotho. **South African Journal of Chemistry**, v. 72, p. 59-66, 2019.

MALCOLM, S. A.; MAVHUNGA, E.; ROLLNICK, M. The validity and reliability of an instrument to measure physical science teachers' topic specific pedagogical content knowledge in stoichiometry. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**, v. 23, n. 4, p. 1-14, 2019.

MALDANER, O. A. A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química. **Química Nova**, v. 22, n. 2, p. 289-292, 1999.

MAVHUNGA, E.; VAN DER MERWE, D. Bridging science education's theory-practice divide: a perspective from teacher education through topic-specific PCK. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**, v. 24, n. 1, p. 65-80, 2020.

MIGLIATO FILHO, J. R. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio**. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2005.

MIHESO, J. M.; MAVHUNGA, E. The retention of topic specific PCK: a longitudinal study with beginning chemistry teachers. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, p. 789-805, 2020.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Proposta curricular: CBC química ensino médio**. Belo Horizonte, 2008.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo referência de Minas Gerais - Ensino Médio**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://www2.educacao.mg.gov.br/images/documentos/Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%Aancia%20do%20Ensino%20M%C3%A9dio.pdf> Acesso em: 20 jun. 2021.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. Resolução SEE nº 2.197 de 26 de outubro de 2012. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://orientaeducacao.files.wordpress.com/2017/02/resoluc3a7c3a3o-see-nc2ba-2-197-de-26-de-outubro-de-2012.pdf> Acesso em: 04 jul. 2021.

MORAES, V.R.A. **Estágio e supervisão ecológica: crenças e saberes na aprendizagem da docência**. 2011. 318 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011.

MORENO, E. L.; HEIDELMANN, S. P. Recursos instrucionais inovadores para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p. 12-18, 2017.

NETO, O. C. O trabalho de campo como descoberta e criação. *In: Minayo, M. C. S. (org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2002. p. 51-66.

NOVAIS, R. M.; GALVÃO, C.; FERNANDEZ, C. Um estudo sobre o conhecimento pedagógico do conteúdo de “cinética enzimática” de um professor do ensino superior por meio das suas narrativas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 1, 53-78, 2016.

NOVAIS, R. M.; SIQUEIRA, C. T; MARCONDES, M. E. R. Modelos didáticos: um referencial para reflexão sobre as crenças didáticas de professores. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 8., 2011. **Anais [...]**. Campinas: ENPEC, 2011.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Química: volume 1 – ensino médio**. Curitiba: Editora Positivo, 2016. 288 p.

OLIVEIRA JR., M. M. **Flashes das disciplinas de formação inicial no repertório profissional de licenciandos em química**. 2011. 197 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011.

ORRÚ, S. E. Base nacional comum curricular: à contramão dos espaços de aprendizagem inovadores e inclusivos. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, v. 11, n. 25, p. 139-152, 2018.

PENA, G. B. O.; MESQUITA, N. S. A. Conhecimento pedagógico do conteúdo de química (PCKC): conhecimento profissional específico para a docência em química. *In: FALEIRO,*

W.; VIGÁRIO, A. F.; FELÍCIO, C. M. (org.). **Entre fios e tramas da formação inicial e continuada de professores**. Goiânia: KELPS, 2020. v. 3. p. 304-329.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Universidade Feevale, 2013. 276 p.

RAMOS, F. de A. **Ensino de estequiometria para o ensino médio: criação de uma revista de histórias em quadrinhos**. 2017. 56 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

RIBEIRO, M. V. **Ensino de estequiometria na graduação catalisado pela história e filosofia da ciência**. 2019. 37 f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

ROLLNICK, M. *et al.* The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: a case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 10, p. 1365-1387, 2008.

ROSA, M. I. de F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 31-35, 1998.

SALES, M. G. P. **Investigando o conhecimento pedagógico do conteúdo sobre “soluções” de uma professora de química**. 2010. 253 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOS, A. F. dos. **Ensino de estequiometria: uma proposta de formação continuada**. 2019. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SANTOS, L. C. dos; SILVA, M. G. L. da. Conhecendo as dificuldades da aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria. **Acta Scientiae**, v. 16, p. 133-152, n. 1, 2014.

SANTOS, T. C. dos; OBANDO, J. M. C.; CAVALCANTI, D. N. Discutindo a base nacional comum curricular brasileira: uma análise sobre educação inclusiva no ensino de ciências da natureza. **Currículo sem fronteiras**, v. 21, n. 1, p. 380-397, 2021.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. de S. (coord.). **Química cidadã**. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016. v. 3.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 1991.

SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, p. 4-14, 1986.

SHULMAN, L. S. Knowledge and Teaching: foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n. 1, p. 1-23, 1987.

SHULMAN, L. S. Practical wisdom in the service of professional practice. **Educational Researcher**, v. 36, n. 9, p. 560-563, 2007.

SILVA, A. N.; FERNANDEZ, C. Um professor de química, um conteúdo e dois contextos escolares: do PCK pessoal para o PCK em ação. **Revista Ensaio**, v. 23, n. e26404, p. 1-25, 2021.

SILVA, I. V. da; AFONSO, A. F. Avaliação da aprendizagem em química: debates necessários no contexto de (pós) pandemia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. 1-13, 2021.

SILVA, L. O. **Proposta de um jogo didático para o ensino de estequiometria que favorece a inclusão de alunos com deficiência visual**. 2014. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

TONETTO, R. T. *et al.* Trilha estequiométrica: uma proposta lúdica para auxiliar o ensino de estequiometria. **Revista Cadernos Acadêmicos**, v. 7, n. 1, p. 45-54, 2015.

USAK, M.; OZDEN, M.; EILKS, I. A case study of beginning science teachers' subject matter (SMK) and pedagogical content knowledge (PCK) of teaching chemical reaction in Turkey. **European Journal of Teacher Education**, v. 34, n. 4, p. 407-429, 2011.

VEAL, W. R.; MACKINSTER, J. G. Pedagogical content knowledge taxonomies. **Electronic Journal of Science Education**, v. 3, n. 4, 1999.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L. da; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Roteiro planejado da primeira entrevista semiestruturada

1ª Entrevista – Questões previstas
Qual a sua formação acadêmica?
Há quanto tempo atua na docência em Química?
Qual a importância que você vê na sua experiência em sala de aula?
Em sua opinião, o tempo de experiência que você possui exerce influência na sua prática docente? Comente.
Quais instrumentos e/ou documentos você utiliza para planejar suas atividades docentes?
Existe um currículo básico de Química que possibilite o planejamento da sua prática pedagógica? Em caso afirmativo, qual(ais)? Você o utiliza?
Caso tenha respondido afirmativamente a questão anterior, qual a previsão do tema Estequiometria nestes documentos?
Quais aspectos pedagógicos você considera relevantes ao planejar suas ações em relação ao conteúdo, metodologia, contexto, dentre outros?
Você consegue identificar distorções entre a atividade planejada por você e a forma com que ela foi executada? Se sim, com que frequência e como você compreende esse processo?
Como você avalia o processo de ensino aprendizagem desenvolvido por você em sala de aula? Quais as estratégias que você adota após a avaliação destes processos? Qual a importância que esta atitude exerce na sua prática pedagógica?
Para você, qual a importância em se ensinar Estequiometria no ensino médio?
Quais conteúdos em Estequiometria você costuma ensinar no ensino médio? Em quais séries?
Quais metodologias costuma utilizar ao ensinar estequiometria?
Você considera Estequiometria um tópico complexo de ensinar? Por quê?
Das suas práticas pedagógicas que envolvem os conceitos de Estequiometria, qual(ais) a(s) que você considera a(s) melhor(es) desenvolvida(s)?

APÊNDICE B – Roteiro planejado da segunda entrevista semiestruturada

2ª Entrevista – Questões previstas	
1.	Você costuma utilizar-se de recursos tecnológicos em suas práticas pedagógicas? Se sim, descreva também se você se sente capaz de adequar tais recursos à sua metodologia.
2.	Já fez utilização de recursos tecnológicos para ensinar Estequiometria? Se sim, descreva esta experiência.
3.	Na sua opinião, quais as melhores metodologias para se ensinar os conceitos de Estequiometria?
4.	Você considera que o contexto (socioeconômico, educacional, infraestrutura escolar etc.) dos seus estudantes interfere na aprendizagem do conteúdo de Estequiometria? Em caso afirmativo, de que forma?
5.	Na sua opinião, em geral os estudantes possuem dificuldades em aprender Estequiometria? Quais os fatores que o levam a pensar dessa forma?
6.	Quais as principais ideias que devem ser desenvolvidas ao se ensinar estequiometria?
7.	É possível relacionar conceitos de estequiometria com o cotidiano dos estudantes? Consegue descrever exemplos?
8.	Qual a melhor maneira de avaliar a proficiência dos estudantes em Estequiometria, na sua opinião?
9.	Há quanto tempo você leciona estequiometria na educação básica?
10.	Você considera que sua experiência na docência em estequiometria contribuiu para o seu desempenho em sala de aula ao ensinar esse conteúdo? Explique.
11.	Por quê ensinar estequiometria no 2º ano do Ensino Médio?
12.	Que dificuldades os seus estudantes geralmente apresentam quando estudam estequiometria?
13.	Você costuma criar exemplos, recursos, exercícios próprios no contexto da sua docência ou utiliza-se apenas de fontes externas? Dê exemplos.
14.	Conhece sobre analogias? Consegue me dizer alguma analogia que envolva algum conceito de Estequiometria? Qual a sua opinião sobre o uso de analogias no contexto educacional?

APÊNDICE C – Representação de Conteúdo de P1

(continua)

Questões	Ideia 1: Notação Científica	Ideia 2: Operações Matemáticas	Ideia 3: Proporções
O que você pretende que os estudantes aprendam com essa ideia?	Reconhecer números com casas decimais e potência.	Resolver operações básicas como multiplicação e divisão.	Entender que a quantidade de matéria nos reagentes é proporcional a quantidade nos produtos.
Por que é importante para os estudantes aprenderem esta ideia?	Facilita escrever números grandes ou muito pequenos; ajuda compreender o conceito de número de Avogadro.	São essenciais na resolução dos cálculos que se seguem.	Indispensáveis na montagem e interpretação das reações químicas.
O que mais sabe sobre esta ideia (que você ainda não pretende que os estudantes saibam)?	Lidar com casas decimais.	Aplicação de regra de três.	Conservação da matéria em uma reação química.
Quais são as dificuldades e limitações ligadas ao ensino dessa ideia?	Os alunos já trazem consigo um déficit em função exponencial.	O fato de não possuir formação específica para o conteúdo de matemática.	O fato de muitos alunos não compreenderem no âmbito microscópico como se processa uma reação Química.
Que conhecimentos sobre o pensamento dos estudantes influenciam no seu ensino sobre esta ideia?	Relacionar expoentes positivos e negativos [na] representação do numeral.	O fato de muitos alunos possuírem um certo receio do conteúdo de matemática.	O fato dos alunos não conseguirem relacionar o conteúdo ao seu cotidiano.
Que outros fatores influem no ensino dessa ideia?	A falsa concepção de que não se deve usar calculadoras durante as aulas de exatas.	O fato de que muitos alunos saem do ensino fundamental com muitas dificuldades em cálculos básicos.	A falta de recursos para aulas experimentais.
Quais são os procedimentos / estratégias que você utiliza para que os estudantes se comprometam com essa ideia e quais as razões para fazê-lo?	Resolução de exercícios para assimilação do conteúdo.		Contextualizando com reações químicas do cotidiano desses alunos.

(conclusão)

Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou a confusão dos estudantes sobre esta ideia?	Analisando a capacidade dos alunos na resolução de exercícios	Instigando os alunos a identificar situações que envolvam o conceito de proporção no mundo ao seu redor.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------

APÊNDICE D – Representação de Conteúdo de P2

(continua)

Questões	Ideia 1 – P2: Reações Químicas	Ideia 2 – P2: Proporcionalidade	Ideia 3 – P2: Regra de três
O que você pretende que os estudantes aprendam com essa ideia?	Reações Químicas	Proporcionalidade	Regra de três
Por que é importante para os estudantes aprenderem esta ideia?	Pois todos os fenômenos químicos possuem ao menos uma reação associada à sua ocorrência.	Uma vez que a estequiometria consiste em relacionar substâncias dentro de um âmbito reacional sabe-se que estas relações se dão por meio da proporcionalidade de grandezas, tais como massa, número de mols, volume etc.	A resolução de um problema envolvendo os aspectos de proporcionalidade se torna mais fácil a partir do momento que se utiliza desse artifício matemático que traduz a lógica das relações em números.
O que mais sabe sobre esta ideia (que você ainda não pretende que os estudantes saibam)?	Classificar as reações não é algo tão relevante para o cálculo estequiométrico. Além disso, não se faz necessário nesse momento uma discussão mais aprofundada sobre os mecanismos submicroscópicos que levam os reagentes a se transformarem em produtos.	Acredito que no tange essa ideia todos aspectos relacionados a ela são importantes para compreensão do cálculo estequiométrico.	O estudo das regras de três compostas não é relevante para esse tópico de estudo, uma vez que, as regras de três simples dão um bom suporte para resolver os problemas de estequiometria.

(continuação)

<p>Quais são as dificuldades e limitações ligadas ao ensino dessa ideia?</p>	<p>Um das maiores dificuldades encontradas no trabalho com o conceito de reações seria a compreensão por parte dos estudantes de que os átomos em um sistema podem se reorganizar, originando novas substâncias. Num primeiro momento os estudantes creditam a formação desses novos compostos a inserção de átomos no sistema (são poucos os que conseguem de imediato fazerem a associação correta – isso porque teoricamente esse aspecto já é discutido brevemente no tópico de modelo atômico de Dalton). No que diz respeito as limitações a falta de atividades empíricas é algo que merece destaque. A literatura reporta que aulas experimentais são meios de se motivar os estudantes a aprenderem e ter mais apreço por aquilo que se estuda. Além disso, a falta de contextualização do conhecimento de sala de aula com a vida em sociedade do estudante acaba sendo um grande fator limitador.</p>	<p>Acredito que tanto as dificuldades quanto as limitações desses dois tópicos são as mesmas. A falta de raciocínio lógico-matemático é algo que dificulta, e muito, a aprendizagem não só da estequiometria, mas de todos os outros assuntos químicos que necessitam de cálculos. Infelizmente a matemática é o calcanhar de Aquiles da educação brasileira. Por vezes, o que se nota em sala de aula é um total desconhecimento por conceitos e/ou procedimentos matemáticos básicos que deveriam ter sido aprendidos ainda no ensino fundamental. Diante desse fato, os estudantes ficam desmotivados e estereotipam a estequiometria como “um bicho de sete cabeças” (algo que seria impossível de ser aprendido e que não faz sentido algum).</p>
<p>Que conhecimentos sobre o pensamento dos estudantes influenciam no seu ensino sobre esta ideia?</p>	<p>Depois de muito refletir sobre esse questionamento, concluí que até hoje não levei em consideração o pensamento dos estudantes sobre o conteúdo a ser trabalhado. Geralmente a minha prática docente fica mais centrada em um diálogo mais técnico e voltado para aquilo que pretendo lecionar. Acredito que a ação mais próxima que possa chegar dessa pergunta são conversas informais onde os alunos acabam relatando falas que outros colegas que já estudaram o conteúdo dizem para eles.</p>	

(continuação)

Que outros fatores influem no ensino dessa ideia?	Conhecimento prévio de conceitos Motivação dos estudantes	Interação estudante-professor e estudante-estudante Domínio do conteúdo	Recursos e tempo disponível
<p>Quais são os procedimentos / estratégias que você utiliza para que os estudantes se comprometam com essa ideia e quais as razões para fazê-lo?</p>	<p>Durante as aulas de reações sempre busco trabalhar com os estudantes casos de transformações que eles tenham conhecimento (especialmente aquelas que ocorrem no seu cotidiano). Isso, de certa forma, induz o aluno a se interessar mais pela aula, visto que percebe que os assuntos das aulas não são desvinculados do seu dia a dia. Todavia, não é apenas de reações cotidianas que aborda a estequiometria e, neste caso, o que geralmente faço é buscar ir familiarizando os estudantes com possíveis aplicabilidades para aquela transformação.</p>	<p>Tanto a questão da proporcionalidade quanto da regra de três na maior parte das vezes é trabalhada de forma tradicional. Infelizmente não consegui, até o dia de hoje, encontrar uma forma mais dinâmica (e talvez eficaz) de fazer com que essas ideias sejam significadas pelos estudantes. Entretanto, um procedimento que sempre realizo em aulas é destacar as interpretações matemáticas que um determinado dado sugere e mostrar como ela pode ser útil para solucionar uma situação problema da sala de aula ou até mesmo do cotidiano.</p>	

(conclusão)

<p>Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou a confusão dos estudantes sobre esta ideia?</p>	<p>O processo de avaliação da aprendizagem do conceito de reações se dá na maioria das vezes de forma tradicional (via avaliações escritas onde no final tenta de “medir” o nível de “aprendizagem” do aluno). Porém, mesmo não sendo a forma mais eficaz de se obter dados sobre o quão eficiente foi a compreensão do conceito, por vezes, acabo trabalhando mecanismos distintos nas avaliações (no caso, é pedido que os estudante façam interpretações da linguagem química encontrada nas equações e também a representar essas transformações da maneira preconizada pela ciência).</p>	<p>O foco do processo avaliativo que fiz até hoje nunca foi em verificar se os estudantes compreenderam aspectos relacionados a proporcionalidade e regra de três. Na verdade o que minha prática docente mostra é que essas ideias são apenas utilizadas para se resolver problemas de natureza química (e no caso, isso acaba gerando uma “aprendizagem” mecânica – que não é interessante para o processo).</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

APÊNDICE E – Representação de Conteúdo de P3

(continua)

<p align="center">Questões</p>	<p>Ideia 1 – P3: Trabalhar cálculos teóricos (massa e quantidade de matéria), por meio de problemas que envolvam reações que liberam gases poluentes para a atmosfera.</p>	<p>Ideia 2 – P3: Trabalhar cálculos teóricos (constante de Avogadro x massa e quantidade de matéria), por meio de problemas que envolvam processos industriais (por exemplo, obtenção do etanol).</p>	<p>Ideia 3 – P3: Trabalhar reagente limitante e em excesso por meio de problemas que envolvam processos industriais (por exemplo, síntese de medicamentos).</p>
<p>O que você pretende que os estudantes aprendam com essa ideia?</p>	<p>Compreender a relação entre os cálculos de massa / quantidade de matéria e a proporção de reagentes / produtos na reação, e também, associá-los em reações que envolvam o meio ambiente.</p>	<p>Compreender a relação entre os cálculos de número de moléculas e sua importância nos processos industriais.</p>	<p>Compreender a relação entre os cálculos teóricos e sua importância nos processos industriais.</p>
<p>Por que é importante para os estudantes aprenderem esta ideia?</p>	<p>Para que entendam que determinada quantidade de reagente vai influenciar na formação da quantidade de produtos, tais como na quantidade de gases que poluem o ar atmosférico, liberado em reações.</p>	<p>Para compreender que determinada quantidade de reagente vai influenciar no número de moléculas de determinado produto de uma indústria.</p>	<p>Entender que nem todo reagente se transforma totalmente no produto desejado e a influência disso na quantidade de resíduos produzidos.</p>
<p>O que mais sabe sobre esta ideia (que você ainda não pretende que os estudantes saibam)?</p>	<p>Cálculo de volume, constante de Avogadro, reagente em excesso e limitante.</p>	<p>Cálculo de volume, reagente em excesso e limitante.</p>	<p>Cálculo de volume nas CNTP.</p>

(continuação)

Quais são as dificuldades e limitações ligadas ao ensino dessa ideia?	Interpretar o exercício, retirar os dados e associá-los para a realização dos cálculos; a falta de conhecimentos prévios em relação à alguns conceitos químicos.	Todas as mencionadas para a Ideia 1 e a não compreensão dos cálculos ensinados na Ideia 1, que pode dificultar a compreensão dos cálculos ensinados na Ideia 2.	A não compreensão dos cálculos ensinados nas ideias anteriores e as dificuldades mencionadas para as ideias anteriores.
Que conhecimentos sobre o pensamento dos estudantes influenciam no seu ensino sobre esta ideia?	Leis ponderais (Lavoisier e Proust), balanceamento de equações, compreensão do que é quantidade de matéria, moléculas, número de átomos, reagentes e produtos.	Todos os conhecimentos e conceitos mencionados na Ideia 1.	Todos os conhecimentos citados nas ideias anteriores, principalmente os cálculos de massa.
Que outros fatores influem no ensino dessa ideia?	A metodologia de ensino utilizada pelo professor.		
Quais são os procedimentos / estratégias que você utiliza para que os estudantes se comprometam com essa ideia e quais as razões para fazê-lo?	Resolução de problemas para explicar os cálculos; [...] escolho alguns problemas para que os alunos resolvam; forneço textos com questões sobre cálculos estequiométricos e reações que liberam gases poluentes para o ar atmosférico, por exemplo, combustão da madeira, uso de energia oriunda de combustíveis fósseis, etc.	Utilizo um texto para introduzir uma discussão sobre o uso de biocombustíveis. Para explicar os cálculos, uso resolução de problemas na lousa. E forneço problemas para que os alunos resolvam também.	Utilizo da resolução de problemas em sala de aula para explicar os cálculos. Posteriormente escolho alguns problemas para que os alunos resolvam e utilizo alguma atividade para discutir a respeito da produção de resíduos químicos em determinadas sínteses, por exemplo, de medicamentos, e o impacto disso no meio ambiente.

(conclusão)

<p>Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou a confusão dos estudantes sobre esta ideia?</p>	<p>As discussões que ocorrem em sala de aula, os problemas que os alunos resolvem e avaliações mensais e bimestrais.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

APÊNDICE F – Representação de Conteúdo de P4

(continua)

Questões	Ideia 1 – P4: Leis ponderais	Ideia 2 – P4: Porcentagem de cada substância envolvida na reação	Ideia 3 – P4: Analisando o número de mols para uma melhor interpretação da reação química
O que você pretende que os estudantes aprendam com essa ideia?	As proporções correspondentes aos reagentes e produtos da equação química, considerando as Leis Ponderais.	Relacionar as porcentagens respectivas dos reagentes e produtos em uma equação química.	O balanceamento e o conhecimento das relações com as quantidades de Mols envolvidos na reação.
Por que é importante para os estudantes aprenderem esta ideia?	As proporções são relevantes para a observação da quantidade de matéria que reage e quantidade de produto produzido.	As porcentagens nos indicam a quantidade de reagentes e produtos envolvidas na equação química estudada.	O balanceamento nos proporciona a principal ideia de quantos mols de determinados reagentes reagem para analisarmos as quantidades de mols produzido.
O que mais sabe sobre esta ideia (que você ainda não pretende que os estudantes saibam)?	Aprofundar mais o conteúdo das Leis Ponderais.	Analisar e ensinar os alunos que a massa total a ser analisada corresponde aos 100 por cento, e buscar exemplos para poder passar esta informação para eles.	Ensinar que o balanceamento corresponde a quantidade de átomos que reagem e devem ser iguais as quantidades de átomos produzidas, porém em substâncias diferentes.
Quais são as dificuldades e limitações ligadas ao ensino dessa ideia?	As vezes a falta de interpretação ou mesmo dos cálculos matemáticos.	Corresponde a falta de interpretação de saber qual substância corresponde aos cem por cento, ou mesmo das substâncias analisadas.	Entender quais os elementos devemos balancear primeiro para poder facilitar o balanceamento de todas as substâncias envolvidas na equação química.

(conclusão)

Que conhecimentos sobre o pensamento dos estudantes influenciam no seu ensino sobre esta ideia?	Podemos focar nos exemplos do nosso cotidiano, como a duplicação de uma receita.	Relacionar os cálculos de porcentagem com exemplos de nosso dia a dia e fazer uma aula bem interativa.	Mostrar que se o balanceamento não estiver correto, a equação química não poderá as vezes acontecer.
Que outros fatores influem no ensino dessa ideia?	Os alunos podem apresentar dificuldades quanto na interpretação das substâncias envolvidas.	Saber relacionar as quantidades envolvidas na operação a ser feita.	Saber interpretar em uma equação química, o que são átomos, o que são moléculas e o que são mols.
Quais são os procedimentos / estratégias que você utiliza para que os estudantes se comprometam com essa ideia e quais as razões para fazê-lo?	Fazer uma aula dinâmica, utilizando diferentes exemplos, e fazer com que eles [os alunos] se interajam bastante na aula.	Poderia focar nos exemplos do nosso dia-a-dia e fazer operações de porcentagem, buscando a interação de todos, ou até mesmo uma competição entre equipes.	Estabelecer diversas equações químicas para eles fazerem os balanceamentos, sendo que o trabalho em dupla ajuda muito nesta situação.
Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou a confusão dos estudantes sobre esta ideia?	Exercícios de diferentes maneiras de abordagem das Leis Ponderais.	Questões diferenciadas sobre o assunto.	Passar para os alunos diferentes equações químicas, para eles treinarem o balanceamento das mesmas.

APÊNDICE G – Repertórios de Experiência Pedagógica e Profissional de P1

Crenças didáticas e o ensino de estequiometria

P1 possui licenciatura em Química e mestrado em Química Inorgânica. É docente há sete anos e, desde que começou a lecionar, não desenvolveu o conteúdo de estequiometria em sala de aula. Ao responder, na primeira entrevista, sobre o motivo de nunca ter lecionado o tópico, P1 disse que sempre trabalhou com turmas de primeiro ou terceiro ano do Ensino Médio, entendendo que o conteúdo de estequiometria seria ensinado no segundo ano do Ensino Médio.

Para P1, no âmbito da primeira entrevista, o aspecto pedagógico mais importante para se ensinar o tópico é saber o conteúdo, ou seja, o professor que tem máximo domínio do conteúdo tem maiores chances de ensinar com maior eficácia em sala de aula. Quando está lecionando, dificilmente não desenvolve o que foi planejado e considera que a maior influencia no desenvolvimento daquilo que foi planejado é o tempo da aula.

Uma das experiências de docência relatada por P1 sobre o tópico de estequiometria, na segunda entrevista, foi um teste para ingressar em uma escola privada em que relatou ter estudado muito sobre o tópico para desenvolver uma boa demonstração. Na perspectiva de P1, o cálculo estequiométrico inicia-se após a compreensão – pelos estudantes – das relações entre os conceitos de massa molecular, massa molar, número de mols, número de átomos etc.

Ainda de acordo com a primeira entrevista, o tempo de experiência serve para aperfeiçoar sua formação profissional, o dia-a-dia da sala de aula lhe proporciona novas técnicas para ensinar e, à medida que P1 vai ensinando sobre um conteúdo, criam-se novas formas de se desenvolver aquele conteúdo. Quando provocado a respeito de formação continuada e incentivo à formação continuada, P1 explicou que não há motivação em se buscar tais momentos de formação, pois a partir da obtenção do título de mestrado, não há incentivo financeiro para se buscar tais aperfeiçoamentos que, quando oferecidos gratuitamente, descolam-se muito do conteúdo e ligam-se muito mais genericamente à pedagogia geral. Um fragmento da primeira entrevista que demonstra este entendimento é: *“Você acha que um cara de pedagogia vai te melhorar ensinar química? Pode ter algumas teorias, algum jeito de abordar o conteúdo, no geral, que seja geral para todas as disciplinas, aí pode ser...”*; o que P1 não vê muita relevância.

Dos objetivos e importância em se ensinar estequiometria e sua relação com o currículo

Ensinar estequiometria no ensino médio é muito importante, de acordo com o explicitado por P1 na primeira entrevista, porque desenvolve o raciocínio, relaciona a matemática e a interpretação dos dados. Estequiometria é um conteúdo muito teórico e não há muito espaço para abordagem prática. É preciso desenvolver a parte matemática, pois os estudantes têm uma base conceitual muito fraca. É um conteúdo difícil de ensinar por conta disso e também porque envolve vários outros conteúdos.

A partir do preenchimento do instrumento CoRe, é possível perceber a predominância dos aspectos lógico-quantitativos e/ou matemáticos na sistematização das principais ideias para se desenvolver o conteúdo de estequiometria. Notação científica, operações matemáticas e proporções foram as três principais ideias escolhidas por P1. A relação mais profunda com o campo da Química, evidente no desenvolvimento dessas ideias presentes no CoRe, está no conceito de reação química, reagente e produto e a lei da conservação das massas, de Lavoisier.

Quando perguntado sobre o planejamento, na primeira entrevista, P1 afirma ter conhecimento do CBC (currículo mineiro) de Química, mas que não se baseia pelo documento e sim por uma sequência preparada por ele mesmo – com auxílio do livro didático – desenvolvida de forma expositiva que começa por registrar a matéria no quadro, aguardar os estudantes copiarem, explicar e resolver exercícios junto aos estudantes. P1 acredita que o CBC contempla, resumidamente, todos os conteúdos presentes nos livros didáticos que ele utiliza, mas não na mesma sequência adotada nos livros didáticos. Indagado sobre a possibilidade de autoria em exercícios, sequências de ensino e/ou materiais utilizados, P1 afirmou – na segunda entrevista – utilizar-se apenas de dados e fontes externas, como o livro didático e internet, explicitando que não costuma criar atividades próprias.

P1 justifica, na segunda entrevista, o ensino de estequiometria na segunda série do ensino médio devido a conceitos importantes que devem ser aprendidos no decorrer da primeira série, tais como: átomos, moléculas, massa molar, massa molecular etc.

Dos contextos de ensino, dos estudantes, sua diversidade, aprendizagens e dificuldades

De acordo com o CoRe preenchido, P1 destaca que é importante aproximar o conteúdo de estequiometria do dia-a-dia dos estudantes, fazê-los reconhecer reações químicas que estão presentes no seu cotidiano e motivá-los a entender outros processos químicos que possam fazer parte da vida deles. Na segunda entrevista, P1 admite ser possível associar conceitos do conteúdo de estequiometria com o dia-a-dia, o cotidiano dos estudantes, principalmente quando nos referimos a proporções e reações químicas, as quais cita exemplos como a respiração humana e o processo de fotossíntese.

Ainda sobre a questão dos contextos, para P1, o fato de um estudante estar mais disperso ou mais centrado na aula é determinado por “questão emocional”, o que pode ser discutido em termos de contexto. Os estudantes têm capacidades diferentes e aprendem de forma diferente, à medida que, por exemplo, um estudante que não preste atenção possa chegar em casa, estudar o conteúdo e aprender sozinho, sem auxílio direto do professor e, outro estudante depender mais do acompanhamento mais próximo por parte do docente para poder aprender. Nas palavras de P1 no âmbito da segunda entrevista: “tem aluno e tem aluno, você não consegue pegar uma sala com trinta alunos e todo mundo aprender igual ou ninguém aprender nada também.”. Assim, reconhece-se o entendimento de P1 a respeito da diversidade dos estudantes e sua heterogeneidade em sala de aula.

No que diz respeito ao raciocínio lógico-quantitativo manifesto no CoRe, P1 acredita que é possível superar as dificuldades dos estudantes e sua relação com a matemática ensinando a eles os conceitos matemáticos necessários para desenvolver a questão quantitativa e reconhece, inclusive, a falta de formação específica para abordar tais conceitos como uma limitação. Ainda sobre este ponto, um recurso que pode auxiliar – de acordo com P1 – na limitação dos estudantes em matemática é o uso de calculadora.

Retomado o assunto sobre as dificuldades dos estudantes na segunda entrevista, P1 explicitou maior preocupação com relação à interpretação dos dados quantitativos dos exercícios/problemas do que pelo cálculo e as dificuldades matemáticas propriamente ditas, o que, em suas palavras, “com calculadora na mão você resolve o problema” e, mais, a dificuldade dos estudantes em visualizar macro e microscopicamente os fenômenos estudados torna-se outro fator limitador do desenvolvimento do cálculo estequiométrico. A origem dessas concepções acerca das dificuldades que os estudantes têm, conforme explicitado por P1, se dá na própria sala de aula mesmo, da experiência docente dentro da sala de aula.

Suscitado o tema diversidade e inclusão de estudantes, P1 disse não fazer adaptações específicas para o público do atendimento educacional especializado, comentando que a carga horária que ele possui para realizar tais adaptações é mínima e concorre com o planejamento de atividades mais gerais destinadas a todos os seus estudantes, explicitando sobre a necessidade de se reformular as atribuições de cada um dos profissionais da educação de forma a conseguir, efetivamente, atender ao público com necessidades educacionais específicas e suas respectivas adaptações.

Dos recursos e estratégias para o ensino de estequiometria

A resolução de exercícios é uma estratégia de ensino prevista para o desenvolvimento das três ideias e também a avaliação no instrumento CoRe. Conforme explicitado por P1 na segunda entrevista, a falta de recursos impede a realização de atividades experimentais para o desenvolvimento da ideia “proporções”. Com isso, reconhece-se que P1 considera importante o desenvolvimento de experimentação no ensino de Química.

Especificamente sobre recursos e o uso de tecnologias em sala de aula, quando perguntado – na segunda entrevista – a P1 sobre a utilização de tecnologias em sala de aula, P1 respondeu que não faz uso de tecnologias, complementando: “quadro e giz”. P1 repensou sobre o assunto, explicitando que poderia até utilizar uma apresentação de slides, “uma coisinha diferenciada”, mas, que não era seu costume realizar esse tipo de atividade.

Perguntado, na segunda entrevista, sobre quais as metodologias que julgava ser mais adequadas ao ensino de estequiometria, além da resolução de exercícios que já havia respondido, P1 afirmou que o uso de imagens, animações, “um bom powerpoint” poderiam ser adequados, bem como o uso de experimentação. A experimentação, segundo P1, serviria para “mostrar o que tá acontecendo” e, assim, os estudantes “conseguem imaginar” e P1 “consegue expor no quadro”.

Apesar de não ter especificado como ensinar estequiometria no âmbito da primeira entrevista e do preenchimento do CoRe, P1 detalha como realiza o ensino do conteúdo em sala de aula, de forma a estabelecer relações quantitativas entre o Número de Avogadro, a massa molar e a quantidade de determinado reagente e/ou produto em uma linha do caderno e os dados fornecidos pelo problema/exercício na linha de baixo para montar uma relação de proporção. Segundo P1, a partir da extração e explicitação dos dados de determinado exercício e/ou problema, “fica muito fácil” de entender.

Da avaliação da aprendizagem em estequiometria

Em termos da avaliação da aprendizagem, P1 considera as interações em sala de aula, o diálogo e o comportamento dos estudantes como indícios de aprendizagem e acredita que, no momento da correção das avaliações escritas é que se tem um panorama geral da aprendizagem daquela sala de aula, além de ser algo obrigatório para o ensino, imposto pela escola. O mais importante, ao corrigir a avaliação, é visualizar o processo de desenvolvimento da questão pelo estudante, para além do resultado final. P1 considera que o desenvolvimento da questão diz mais sobre a aprendizagem do estudante do que apenas a resposta correta ou incorreta. Como menciona na primeira entrevista: “eu nunca zero uma questão que o aluno começou a resolver”.

Na segunda entrevista, quando perguntado sobre outras formas de avaliação e quais seriam as mais adequadas para avaliar a aprendizagem dos estudantes em estequiometria, P1 desconsiderou qualquer possibilidade de desenvolver outras estratégias ou utilizar outros recursos de avaliação para além das que já conversamos e já explicitadas no CoRe e justifica a falta de tempo hábil para criação/adaptação dessas estratégias. Um fator que contribuiria para esta mudança, citado por P1, é a presença de estagiários, residentes ou PIBIDIANOS em sala de aula, como suporte para o professor em efetivo exercício.

APÊNDICE H – Repertórios de Experiência Pedagógica e Profissional de P2

Crenças didáticas e o ensino de estequiometria

P2 possui licenciatura em Química, Bacharelado em Química com Atribuições Tecnológicas, mestrado em Química Analítica e atualmente faz doutorado em Educação Química. Leciona química na educação básica há oito anos. Na primeira entrevista, relatou que escolheu realizar o mestrado e ingressar no doutorado a partir de uma necessidade de se aperfeiçoar e acompanhar as tendências do mercado de trabalho, no sentido de tornar-se mais competitivo nesse âmbito, além de sempre ter gostado de estudar.

Para P2, a experiência em sala de aula é de fundamental importância e ele expressa, na primeira entrevista, que a graduação não é suficiente para preparar o futuro professor para ‘encarar uma sala de aula’. Fornece, sim, condições e base teórica para o exercício da docência, mas não alcança a dimensão do ser-professor durante a própria realização de estágios, por exemplo. A formação, em si, acontece com o tempo, segundo relata, o ser-professor se constrói na prática e explica: “com o passar dos dias você vai pegando jeitos de lidar com determinadas situações, você vai se aperfeiçoando na questão do próprio domínio do conteúdo, vai perdendo um pouco a inibição de falar...”.

Do ponto de vista de estratégias metodológicas, P2 explicita ser muito importante que o domínio do conteúdo seja satisfatório para um professor de Química e que, no início de sua carreira docente, isso assumia o principal papel quando no exercício da docência, mas com o passar dos anos sua prática tornou-se muito mais voltada para o ensino contextualizado do que para o ensino puramente do conteúdo, relatando a aproximação do conteúdo ensinado aos contextos vividos pelo seu público alvo, seja na avaliação, na explicação ou nas discussões formais e informais com os estudantes.

Dos objetivos e importância em se ensinar estequiometria e sua relação com o currículo

Na primeira entrevista, P2 afirma utilizar-se do CBC, documento oficial do estado de Minas Gerais, como um instrumento norteador do planejamento de sua prática docente, o qual em sua opinião revela-se um bom documento, que precisaria ser melhorado como outros, mas que se torna interessante orientador para o trabalho de sequência.

Quanto ao conteúdo de estequiometria, P2 explicita não ter encontrado nenhuma menção ao termo, mas que se recordava de ter encontrado sobre reações químicas, transformações etc. e que desenvolve o conteúdo partindo do princípio de achar necessário apesar de não estar previsto no documento mineiro. Ainda na primeira entrevista, relata que o conteúdo é central para a aprendizagem da própria Química, pois se relaciona e/ou está contido em diversas áreas dessa Ciência e isso é suficiente para se reconhecer a importância de um estudante da educação básica conhecer e aprender este conteúdo químico.

Em sala de aula, P2 reconhece que o repensar e replanejar as atividades no momento em que a aula acontece é necessário e cotidiano, uma vez que durante a primeira entrevista P2 relata que ocorrem situações em que a participação dos estudantes, as discussões e questionamentos provocados é que tendem a direcionar a aula e possivelmente mudar a forma inicialmente planejada, citando, inclusive, que há questionamentos em Química por parte dos estudantes que nem sempre são de seu domínio imediato, em que as respostas precisam ser buscadas e estudadas coletivamente.

A respeito do próprio conteúdo, P2 afirmou ter ensinado estequiometria no início da segunda série do ensino médio, a partir de uma revisão sobre o tópico de reações químicas, cálculos químicos, teoria atômico-molecular e o próprio cálculo estequiométrico. Na construção do CoRe, apontou como três principais ideias a serem desenvolvidas no campo da estequiometria “reações químicas”, “proporcionalidade” e “regra de três”, relatando sobre a importância de conhecer as reações químicas associadas às transformações e a importância das relações entre grandezas – o que, na primeira entrevista, foi caracterizado como “cálculos químicos” – e da regra de três enquanto ferramenta útil para se entender a relação entre as reações químicas, as grandezas e o próprio meio reacional quantitativamente. P2 distinguiu, inclusive, que a classificação de reações químicas e o uso de regras de três compostas não são tão relevantes para a compreensão do conteúdo de estequiometria.

Na segunda entrevista, provocado sobre suas motivações para ensinar as ideias elencadas no CoRe e os conceitos explicitados no âmbito da primeira entrevista, explicou que entende que o conceito chave para ensinar cálculo estequiométrico é o de “reação química”, a partir da retomada das leis das reações [leis ponderais, de Lavoisier e Proust], antes mesmo dos cálculos teóricos, com o objetivo de mostrar para o estudante as distintas possibilidades de se desenvolver o conceito de massa. P2 explicita também a questão do nível de abstração exigido para a construção do conceito de ‘quantidade de matéria’ e a relação com o conceito de ‘massa molar’ como possibilidade de torna-lo menos abstrato.

Dos contextos de ensino, dos estudantes, sua diversidade, aprendizagens e dificuldades

Ao conversar sobre formação continuada oferecida pela própria escola ou pelo próprio sistema mineiro de ensino, na primeira entrevista, P2 relatou que mais recentemente e por conta do contexto da pandemia, as oportunidades de formação continuada se tornaram mais frequentes, porém, muito mais direcionadas ao ensino remoto. Ainda sobre o assunto, suscitou que uma das necessidades formativas – ainda não consolidada no âmbito de sua experiência como docente – seria a questão do público de inclusão, com necessidades educacionais específicas, em que relatou não ter formação adequada para desenvolver sua prática com eficácia no desenvolvimento destes estudantes, em particular.

Na segunda entrevista, quando perguntado sobre o trabalho desenvolvido com estudantes em inclusão – público do Atendimento Educacional Especializado (AEE) – P2 disse estar trabalhando com estudantes em inclusão na escola privada com o tema estequiometria, em que refletiu sobre o trabalho com coisas e situações mais concretas para um estudante com Síndrome de Down, exemplificando com o tópico ‘proporcionalidade’ sob a sugestão de comparar bichinhos de brinquedo e o número de patas que cada bichinho possui. Após este relato, P2 reafirmou o que tinha dito no âmbito da primeira entrevista, destacando que o grande desafio é superar o despreparo que os professores têm ao trabalhar com estudantes com necessidades educacionais específicas.

Com relação aos contextos de ensino, P2 relatou na primeira entrevista que ensinar estequiometria no ensino noturno seria um desafio a mais, complementando que a partir de 2019 assumiu a docência no ensino noturno admitindo, inclusive, que não chegou a trabalhar com o tópico durante sua prática pedagógica com esse público.

Sobre as dificuldades, a maior dificuldade apontada por P2 para se ensinar estequiometria seria realizar práticas pedagógicas que pudessem afastar a perspectiva tradicional de ensino e, sobre os estudantes, a dificuldade relatada pelo professor seria a relação quantitativa trazida pelo próprio conteúdo, que – inclusive – já contava com o receio dos estudantes em (não) aprender. No CoRe, relatou uma concepção alternativa que os estudantes apontam com relação à construção da ideia de que os átomos se reorganizam durante uma transformação para formar uma nova substância, enquanto uma dificuldade dos próprios estudantes, uma vez que esta ideia é construída em um primeiro momento no estudo do modelo atômico de John Dalton. Ainda na Representação, a dificuldade dos estudantes com relação ao raciocínio lógico-quantitativo é reforçada por P2, que caracteriza – além da

dificuldade – um fator de desmotivação dos estudantes em aprender os conteúdos que envolvem cálculos em Química.

A questão da desmotivação em virtude do receio de se aprender conceitos e conteúdos de Química ligados à Matemática é retomada na segunda entrevista, em que P2 reflete sobre o ensino tradicional e mecanizado da área desde os anos iniciais do Ensino Fundamental e os possíveis prejuízos que este tipo de ensino podem trazer para o desenvolvimento dos educandos. “Cai no esquecimento”, relata ao citar o bloqueio dos estudantes com relação aos cálculos. Ainda sobre o assunto, P2 explicita que tal reforço negativo construído ao longo da vida dos estudantes com relação à Matemática se traduz – em alguns casos – no espanto dos estudantes em perceberem a ‘facilidade’ de se realizar cálculos estequiométricos, esperando dificuldade até nas questões mais simples.

Como limitação para o ensino, no instrumento CoRe, P2 aponta que a falta de atividades práticas e da contextualização limita a potencialidade da aprendizagem dos estudantes. Depois de relatar, no instrumento, que ainda não teria levado em conta o pensamento dos estudantes acerca do conteúdo de forma a influenciar o ensino de estequiometria, P2 aponta que o conhecimento prévio, a motivação, a interação em sala de aula, o domínio do conteúdo, os recursos e tempo disponível como fatores que influenciam o ensino do conteúdo de estequiometria.

Uma das práticas de estequiometria mais eficazes, segundo relatado pelo professor na primeira entrevista, foi a possibilidade de iniciar e terminar o período letivo com uma mesma turma, justificando a evasão escolar e o fechamento de turmas como algo do cotidiano escolar, o que quase sempre implicou na mudança de professores e de salas de aula. Da forma com o que P2 explicitou, foi criada a possibilidade de retomar o conteúdo de estequiometria ao longo de todo o ano letivo, com a finalidade de resgatar o assunto e, possivelmente, consolidar aquilo que ainda não tinha sido consolidado.

Na segunda entrevista, P2 relata uma experiência com um estudante de uma escola privada que leciona, em que através do ensino tradicional de estequiometria, este estudante havia lhe explicitado as etapas para se realizar o cálculo estequiométrico, de forma memorística e mecanizada, o que rendeu ao professor a reflexão sobre o aluno ter ou não o conhecimento dos motivos para se proceder daquela forma com os cálculos ou o próprio significado dos cálculos e de seus resultados para a Química.

Dos recursos e estratégias para o ensino de estequiometria

Na primeira entrevista, P2 explicita acreditar que há uma dificuldade extra com relação à estratégia de contextualização no ensino de estequiometria, quando comparada às possibilidades de contextualizar assuntos ligados à termoquímica e cinética química, por exemplo, relatando que na maioria das vezes em que lecionou, praticamente não havia contextualização do assunto em sala de aula.

Ainda com respeito às estratégias de ensino, assume a predominância de um ensino tradicional para o tópico de estequiometria, recordando-se de ter planejado uma atividade com miçangas junto ao PIBID – que, na segunda entrevista esclarece que não chegou a ser aplicada em sala de aula – a respeito de reações químicas e balanceamento, na perspectiva de se trabalhar a proporcionalidade e previsibilidade de uma transformação química através desse modelo construído. Na segunda entrevista P2 relatou não se lembrar do motivo pelo qual a atividade não fora aplicada.

Do ponto de vista de estratégia de engajamento presente no CoRe, P2 destaca optar por trabalhar com reações químicas presentes no cotidiano dos estudantes e a aplicabilidade de outras reações que não pertencem ao dia-a-dia desses estudantes. Sobre as ideias de proporcionalidade e regra de três, P2 relata trabalhar de forma tradicional, dando maior enfoque à interpretação dos cálculos para o estudo da Química.

Conversando sobre tecnologias aplicadas ao ensino de estequiometria durante a segunda entrevista, P2 admite ter começado a utilizar recursos como o aplicativo PowerPoint como forma de suprir a falta da lousa em sala de aula devido ao contexto da pandemia, reafirmando a perspectiva de metodologia de ensino mais alinhada ao ensino tradicional para o ensino do tópico.

Ainda na segunda entrevista, retomamos o assunto de contextualização e o professor disse acreditar que a estratégia deveria ser muito mais praticada em sala de aula, uma vez que para o ensino de química em geral – e de estequiometria, em particular – os estudantes são bastante desmotivados em aprender de forma tradicional, o que culmina inclusive na desmotivação do docente também. Por outro lado, P2 vê o ensino contextualizado como forma de o estudante ver uma aplicabilidade daquele assunto na sua vida, no cotidiano e na sociedade, podendo causar inicialmente uma curiosidade que leve este estudante a se interessar em aprender Ciências. P2 afirma, ainda, que a contextualização tem que ser a primeira coisa que o professor deve pensar no momento do planejamento de sua prática.

Nesta seara, P2 relata ter trabalhado cálculo estequiométrico recentemente em sala de aula através da utilização de rótulos de adubo, trazendo como possibilidade de reaplicação da estratégia devido à geadas que ocorreram há pouco tempo na região em que atua. Explica ter visto uma reportagem sobre adulteração de fertilizantes e, a partir daí, ter tido a ideia de se trabalhar com esses rótulos, relacionando o contexto ao conceito de pureza e cálculos químicos. Durante a condução da atividade, de acordo com o relato na segunda entrevista, um dos estudantes, que era filho de um agrônomo, participou ativamente da atividade demonstrando conhecimento sobre o tema. Um outro episódio citado por P2 foi quando, em uma aula sobre química orgânica, um estudante levantou um questionamento sobre adulteração de uísque e, a partir disso, foram abordados tanto a parte de estruturas orgânicas presentes no amido e na bebida, quanto a questão de pureza e quantidade de matéria, relacionando-as com estequiometria.

Da avaliação da aprendizagem em estequiometria

Com relação à avaliação da aprendizagem, na primeira entrevista, P2 aponta que o processo de avaliação realizado por ele não seja eficaz, mas reconhece algumas mudanças no decorrer de sua prática pedagógica, por exemplo, o uso de questões menos diretas nas avaliações escritas que, ao invés disso, privilegiem a reflexão dos estudantes e a elaboração de respostas que não estão prontas, acabadas. Outra questão relaciona-se à avaliação mais formativa, dia-a-dia, que P2 relata realizar, mas com um menor peso de avaliação porque – segundo o relato – o sistema ainda exige que se dê um valor numérico ao estudante, no sentido de se mensurar quantitativamente a aprendizagem do estudante.

Questionado, na primeira entrevista, se há algum momento de reflexão de P2 sozinho ou junto aos estudantes a respeito da avaliação, P2 me respondeu que geralmente não há, mas há casos pontuais em que isso ocorre, por exemplo, ao realizar a correção das avaliações escritas – como no caso ocorrido e relatado por ele logo antes da primeira entrevista – em que a questão da prova orientava que o estudante representasse alguma coisa e alguns deles fizeram a descrição, o que o levou a pensar sobre a dificuldade de interpretação que os estudantes apresentam. Ou, então, em momentos de devolutiva das avaliações aos estudantes, em que questões mais gerais sobre o conteúdo avaliado são discutidas coletivamente com a turma. P2 afirma, na primeira entrevista, que esta reflexão é necessária, importante para que se tenha um panorama sobre a construção do conhecimento pelo estudante, para que se possa

avaliar a eficácia do seu trabalho docente e se é conveniente ou não que algum momento seja retomado, rediscutido e até que ponto vale a pena progredir na construção dos conhecimentos com a sala de aula a partir do resultado da avaliação. Por outro lado, admite que em função da quantidade de aulas que um professor da educação básica normalmente assume, o tempo é extremamente limitado para que tudo isso ocorra.

No CoRe, P2 explicita que a avaliação dos estudantes ocorre de maneira mais tradicional, com avaliações escritas que têm, por resultado, uma nota para o estudante. Porém, nessas avaliações o professor procura incentivar os estudantes a fazerem interpretações dos fenômenos e também a representação destes.

Ainda sobre o tema, na segunda entrevista, P2 explica que uma possibilidade mais interessante e talvez mais eficaz de se avaliar a proficiência dos estudantes em cálculo estequiométrico seria por meio de estudos de casos, a partir de casos sugeridos pelos próprios estudantes ao longo das discussões em sala de aula. Ou, ainda, o ensino por investigação, que segundo P2 não seria viável no contexto da escola pública que ele leciona, por falta de recursos.

APÊNDICE I – Repertórios de Experiência Pedagógica e Profissional de P3

Crenças didáticas e o ensino de estequiometria

P3 possui licenciatura em química e é docente da educação básica há cinco anos. Atualmente faz mestrado em educação química. De acordo com P3, não é só a experiência prática e o fato de lidar com os alunos que contribuem para o crescimento profissional, mas também a própria forma de se planejar as atividades, uma vez que apenas os estágios obrigatórios e o próprio curso de graduação não são suficientes para a formação profissional do docente. Embora tenha 5 anos de experiência docente, P3 relatou na primeira entrevista que já fazia cerca de três anos que não ensinava o tópico no âmbito da educação básica.

Uma das maiores influências em se trabalhar estequiometria da forma que P3 adotou e relata na primeira entrevista são as próprias aulas do conteúdo durante o seu curso de graduação. Por conta de o docente responsável pela disciplina ter desenvolvido o tópico com resolução de exercícios, P3 atribui essa escolha por conta de sua própria aprendizagem do conteúdo dessa forma.

P3 relata, na segunda entrevista, que a heterogeneidade em sala de aula, no que diz respeito à diversidade de estudantes, pode contribuir para o ensino, uma vez que se precisa desenvolver um mesmo objetivo de diferentes maneiras, com a finalidade de auxiliar a aprendizagem de diferentes estudantes.

Dos objetivos e importância em se ensinar estequiometria e sua relação com o currículo

A partir da discussão sobre planejamento, na primeira entrevista, P3 relatou que usa o CBC (no caso, o mais antigo, o que demonstra conhecimento de um currículo mineiro recém-publicado), livro didático e internet para construir suas atividades de docência. P3 relata que acha o CBC incompleto, que o utiliza como base mas sempre complementa, principalmente com coisas cotidianas, como por exemplo assuntos sobre o meio ambiente. P3 menciona que alguns tópicos estão ausentes no documento e, de outro lado, há a presença de tópicos muito específicos do conteúdo químico. Ainda no assunto CBC, P3 diz se recordar de uma habilidade descrita no CBC que se relaciona com o conteúdo de estequiometria, mas que o termo não aparece. Tal habilidade contém apenas dois tópicos que se relacionam ao número de Avogadro.

Quando perguntado sobre quais aspectos são mais importantes para se planejar/executar uma boa aula, na primeira entrevista, P3 me respondeu que o conjunto de todos os conhecimentos são muito importantes, desde a metodologia até o contexto dos estudantes, passando pelo próprio conhecimento do conteúdo mas, em sua visão, o método, o “como fazer” se destacaria.

Ainda na primeira entrevista, quando perguntado sobre a relação entre aquilo que foi planejado e o que acontece em sala de aula, P3 explicitou que a principal distorção entre esses dois momentos se dá na reação/comportamento dos estudantes com relação à atividade proposta, o que inicialmente parecia um incômodo, no início de carreira, por conta de ter de se reinventar ali naquela hora mas, à medida que ganhava mais experiência em sala de aula, isso passou a ser entendido como uma oportunidade de conduzir o acesso do estudante ao conhecimento de outra forma, que fosse adequada às suas necessidades.

Ao ensinar estequiometria, P3 desenvolve cálculo do número de mols, do número de moléculas, massa molar, rendimento, reagente limitante e em excesso com seus estudantes, no segundo ano do ensino médio e, segundo ela, com resolução de exercícios (dados da primeira entrevista). A explicação do por que de se ensinar estequiometria no segundo ano, dada na segunda entrevista, é que nesse momento do ensino médio os estudantes já devem ter adquirido mais maturidade do conhecimento necessário para se desenvolver o conteúdo, inclusive em termos dos conhecimentos prévios que foram citados no instrumento CoRe.

De acordo com o CoRe, as principais ideias para se desenvolver o tópico centralizam-se nos cálculos teóricos (relações entre massa e quantidade de matéria e entre a constante de Avogadro) e processos industriais e sua relação com os conceitos de reagente limitante e reagente em excesso. A relação com a temática ambiental também exerce papel centralizador na construção do CoRe. Ou seja, P3 deixa clara sua intenção em desenvolver a compreensão de relações no âmbito da estequiometria.

Dos contextos de ensino, dos estudantes, sua diversidade, aprendizagens e dificuldades

Para P3, estequiometria é um tópico difícil de se ensinar por conta da parte de cálculos que estão envolvidos com o conteúdo e, também, pela interpretação que é exigida do estudante para que ele possa ser capaz de entender como funciona o cálculo estequiométrico. P3 vê muita dificuldade nos seus estudantes em “associar um termo ao outro para poder efetuar o cálculo”, além do próprio ‘bloqueio’ que o cálculo pode causar.

A questão da interpretação também aparece na construção do CoRe, mas no instrumento há a presença de dificuldades dos estudantes com relação aos conhecimentos prévios dos estudantes e sua influência na aprendizagem de estequiometria. Tais conhecimentos são expressos na questão 5 do CoRe, aqui transcrita: leis ponderais (Lavoisier e Proust), balanceamento de equações, quantidade de matéria, moléculas, número de átomos, reagentes e produtos.

Ao retornar sobre o assunto na segunda entrevista, P3 explicitou ter trabalhado com estudantes em processo de inclusão – atendidos também no âmbito do AEE (Atendimento Educacional Especializado) – e, ao desenvolver o tópico de estequiometria, utilizou como recursos os modelos atômicos físicos, “de palito e bolinha” e atividades adaptadas, exemplificando a questão de deixar os cálculos pré-montados no caso de uma estudante com deficiência auditiva.

Com relação às dificuldades dos estudantes, ainda na segunda entrevista, relatou saber dessas dificuldades que os estudantes geralmente apresentam com relação ao conteúdo de estequiometria – cálculos matemáticos e interpretação dos exercícios e problemas – a partir de sua própria experiência em sala de aula quando, por exemplo, pedia aos estudantes que montassem os cálculos no caderno ao invés de realiza-los com o auxílio do celular, pensando no caso de avaliações externas em que a utilização do instrumento é proibida.

Dos recursos e estratégias para o ensino de estequiometria

Na primeira entrevista, quando perguntado sobre quais metodologias costumava utilizar para ensinar conceitos de estequiometria, P3 relatou trabalhar apenas com resolução de exercícios, explicitando e reconhecendo uma necessidade de aprofundar seus conhecimentos com relação a isso. Complementou que explica o conteúdo resolvendo os exercícios e que procurava desenvolver exercícios mais contextualizados, usando a internet e livros didáticos como fonte de consultas.

Na construção do CoRe outros recursos e estratégias aparecem, além de resolução de problemas há: a proposição de se trabalhar com textos enquanto recursos; estratégia de discussões e contextualização. Além disso, no contexto da pandemia, P3 relata usar alguns recursos tecnológicos no momento em que desenvolvemos a segunda entrevista, mas que não tinha esse hábito anteriormente. Chegou a utilizar – antes do contexto da pandemia – vídeos para auxiliar na compreensão, como relatou.

Durante a segunda entrevista, explicou que sua vivência recente em um estágio docente no âmbito do mestrado lhe proporcionou novas estratégias de abordagem do conteúdo de estequiometria. Segundo o relato, havia questões não consolidadas no âmbito deste conteúdo que lhe fizeram optar por ensinar estequiometria da forma que tinha aprendido, mas, que a partir da colaboração na construção de atividades durante o estágio docente tornou-se possível a realização de diferentes atividades para desenvolver o conteúdo na educação básica, presentes na construção do CoRe e já aplicados em sala de aula, com a utilização de textos, a contextualização e a ambientalização curricular para o tópico.

Ainda na segunda entrevista, com relação aos aspectos de autoria, P3 apontou que existem situações-problema que trabalha em sala de aula e alguns textos que utilizados são de sua própria elaboração. Além disso, utiliza-se também desses recursos presentes em livros didáticos e internet.

Da avaliação da aprendizagem em estequiometria

Sobre avaliação, na primeira entrevista, P3 mencionou sua vontade em desenvolver a avaliação de maneira mais formativa, uma vez que sua experiência em sala de aula até esse momento ocorreu com de forma mais somativa, associada a atividades verticalizadas com origem na gestão escolar – como exercícios em sala de aula, tarefa para casa, avaliações escritas etc. A respeito dos resultados dessas avaliações, P3 explica que trabalhava os exercícios que a maioria dos estudantes tiveram dificuldade em resolver como forma de recuperar aquilo que não foi consolidado, além de analisar os resultados – no sentido de reflexão – a fim de replanejar aquelas atividades.

No CoRe, P3 representa atividades de resolução de problemas pelos estudantes, discussões que ocorrem em sala de aula e avaliações escritas bimestrais e mensais como forma de avaliação da aprendizagem dos estudantes em estequiometria.

APÊNDICE J – Repertórios de Experiência Pedagógica e Profissional de P4

Crenças didáticas e o ensino de estequiometria

P4 possui licenciatura em Química e pós-graduação em Ensino de Química e é docente da educação básica há doze anos, tendo ensinado estequiometria na educação básica pela metade desse tempo ao longo dos anos. Na primeira entrevista, P4 relatou que ingressou no curso de Química pensando mais na parte prática, mas começou a dar aulas e gostou da profissão e este gosto pela docência acabou prevalecendo.

P4 explicitou, na primeira entrevista, que no início da carreira, ao sair da graduação, o professor não sai sabendo tudo para poder atuar em sala de aula, que o estudo tem que fazer parte da rotina, inclusive porque as turmas, turnos e séries são diferentes a cada ano – como exemplificou, em um ano trabalha-se com a 1ª e 2ª séries do ensino médio e em outro com a 3ª série e turmas de EJA – e isso interfere na forma de planejamento e atuação do professor, que precisa se atualizar e aprofundar os conhecimentos a cada ano.

Dos objetivos e importância em se ensinar estequiometria e sua relação com o currículo

Ao responder sobre o que utilizava para planejar suas atividades, P4 afirmou utilizar o CBC, livros didáticos e pesquisas na internet. Inclusive, explicita que o seu planejamento é guiado pelo documento (CBC), então, que o utiliza constantemente, seguindo-o como orientador, embora se apresente de forma desordenada.

P4 afirma que com o passar dos anos acaba-se adquirindo uma sequência de conteúdos a serem ensinados e que, não necessariamente, segue a mesma sequência do CBC. Outra questão levantada foi o fato de alguns tópicos de química estarem muito condensados no documento mineiro, de forma que P4 admite a necessidade de se pensar em mais habilidades a serem consolidadas pelos estudantes em determinados tópicos. Especificamente para o conteúdo de Estequiometria, P4 relata não se lembrar da previsão deste tópico no CBC, embora pudesse relacionar alguns conceitos ligados a este conteúdo.

Com relação às atividades planejadas, P4 afirma na primeira entrevista que há situações em que surgem dúvidas dos estudantes que se configuram bastante complexas, algo não esperado para o momento, que às vezes podem não ser respondidas ali, no momento, que

exigem um estudo melhor sobre aquela questão, o que demonstra que nem tudo ocorre como planejado em alguns casos.

Ensinar estequiometria na educação básica, segundo explicitado por P4 na primeira entrevista, é muito importante para se trabalhar a relação de proporções, balanceamento, porque, no final das contas, os conteúdos em química se relacionam entre si. Para desenvolver o tópico, precisa-se tratar dos conceitos de equação química, reação química, leis ponderais, quantidade de matéria, balanceamento de equações em sala de aula, no segundo ano do Ensino Médio.

No CoRe, as principais ideias que P4 coloca são “Leis Ponderais”, “Porcentagem de cada substância envolvida na reação” e “número de mols e a interpretação de reações químicas”, com o objetivo de ensinar proporções, relacionar porcentagens e balancear e efetuar cálculos em determinadas situações para diferentes reações químicas. P4 destaca, ainda, a importância de ensinar que a quantidade de átomos no estado inicial (reagentes) é igual à do estado final (produtos), porém com substâncias diferentes.

Dos contextos de ensino, dos estudantes, suas aprendizagens e dificuldades

Sobre as dificuldades relacionadas ao ensino, P4 relata não ter dificuldades para ensinar o conteúdo mas que os estudantes têm dificuldades para entendê-lo. Por um lado, a relação com os cálculos e a matemática expõem a dificuldade dos estudantes de desenvolver-se no conteúdo de estequiometria e, de outro lado, a própria interpretação do tópico e da interpretação dos exercícios que são desenvolvidos em sala de aula por parte dos estudantes também contribuem para essa dificuldade de entendimento. Outra questão, também levantada na primeira entrevista, são os conhecimentos prévios dos estudantes. P4 afirma que, ao trabalhar balanceamento de equações, os estudantes costumam ter dificuldade em reconhecer o que são reagentes e produtos representados em uma equação, o entendimento deles em relação a ideia de rearranjo, trabalhada junto ao modelo atômico de Dalton etc.

Retomando o assunto na segunda entrevista, P4 explicou que estas considerações sobre as dificuldades dos estudantes em sala de aula com relação ao tópico de estequiometria foram detectadas no âmbito de sua prática pedagógica, de sua percepção enquanto docente ao longo dos anos.

Com relação à Representação de Conteúdo (Core), P4 reafirma as dificuldades no que diz respeito à interpretação e aos cálculos matemáticos e acrescenta a dificuldade que os

estudantes apresentam com relação a qual elemento balancear primeiro em uma dada equação química.

Na segunda entrevista, ao conversar sobre a influência dos contextos dos estudantes no ensino de estequiometria, explicitou que não há tanta influência com relação ao contexto socioeconômico dos estudantes, uma vez que os materiais que ela utilizava em sala de aula para explicar o conteúdo já estava disponibilizado na escola, não exigia algo que os estudantes tivessem que adquirir e que, por exemplo, até mesmo os computadores do laboratório de informática da escola poderiam ser utilizados para que os estudantes que tivessem necessidade fizessem suas pesquisas.

Sobre a diversidade dos estudantes, P4 afirma já ter trabalhado com estudantes surdos, com déficit de atenção, autistas, em inclusão na rede regular de ensino, tendo trabalhado uma única vez com o conteúdo de estequiometria com um estudante autista. P4 relata que realizou adaptações das atividades e das provas, relacionando muito mais o assunto com o dia-a-dia, colocando exemplos, imagens e que se considera pouco preparada nessa questão, com relação ao quê ensinar para o estudante incluído, quais as melhores estratégias, que tipo de questões cobrar do estudante e etc.

Dos recursos e estratégias para o ensino de estequiometria

Do ponto de vista de estratégias, na primeira entrevista, P4 afirma procurar sempre que possível associar o conteúdo com o dia-a-dia dos estudantes, explicando que para alguns estudantes apenas o conteúdo é suficiente para que eles entendam, mas para outros estudantes, a relação com o seu cotidiano para se explicar o tópico o faz aprender melhor. Essa ideia é reiterada no CoRe, quando P4 propõe a aproximação com o dia-a-dia dos estudantes enquanto uma possível influência para se desenvolver o tópico em sala de aula.

Outras estratégias são presentes na Representação, como o trabalho em duplas, competição entre equipes e a reforçada utilização de exemplos do cotidiano dos estudantes como forma de se produzir uma aula mais dinâmica, mais interativa.

Sobre tecnologias, na segunda entrevista P4 apontou que, no contexto da pandemia, chegou a ensinar estequiometria com apresentação em PowerPoint, utilizando o computador etc., mas antes costumava utilizar-se apenas do livro didático e do quadro em sala de aula para explicar esse conteúdo. Perguntado sobre quais outros recursos e/ou estratégias que poderiam ser eficazes para o ensino de estequiometria, P4 respondeu que poderiam ser utilizadas

tabelas, gráficos ou representações em apresentações de PowerPoint para análise e explicação de forma mais ilustrativa e também a realização de experimentos, argumentando que estequiometria envolve muito a prática experimental e citando inclusive como exemplo a duplicação de uma receita em sala de aula.

Outros exemplos citados por P4 na segunda entrevista envolvem, além da questão de receitas já citada, aspectos sanitários – por exemplo, com relação à água sanitária e a COVID-19 – e de limpeza e preparo de soluções e diluição e, também, com relação ao meio ambiente, com relação ao uso e quantidades de agrotóxicos e suas consequências.

Da avaliação da aprendizagem em estequiometria

Sobre a avaliação da aprendizagem, na primeira entrevista P4 relatou avaliar o estudante em sala de aula pela participação, perguntas, resolução de exercícios em sala e para casa, de forma somativa e formativa, de maneira que cada estudante seja estimulado a realizar suas atividades ativamente, não somente copiando. Ao final de cada avaliação, P4 procura aprofundar aquelas questões que foram mais confundidas pelos estudantes, a fim de recuperar as habilidades não consolidadas. Esse processo, segundo relata, é muito importante para que haja continuidade no trabalho – a partir do resgate das habilidades não consolidadas para que se possa avançar no conteúdo.

No CoRe, as estratégias de avaliação propostas relacionam-se mais à resolução de exercícios, questões e problemas de forma a treinar os estudantes. Outra sugestão de avaliação surgiu no âmbito da segunda entrevista, quando P4 propõe uma avaliação dos argumentos produzidos pelos estudantes oralmente em sala de aula, a partir de perguntas e/ou provocações do professor, analisando o nível das respostas dos estudantes em termos do conhecimento avaliado.

ANEXO

ANEXO A – Instrumento CoRe

Tópico Específico			
Questões	Ideia 1	Ideia 2	Ideia <i>n</i>
1. O que você pretende que os estudantes aprendam com essa ideia?			
2. Por que é importante para os estudantes aprenderem esta ideia?			
3. O que mais você sabe sobre esta ideia (que você ainda não pretende que os estudantes saibam)?			
4. Quais são as dificuldades e limitações ligadas ao ensino dessa ideia?			
5. Que conhecimentos sobre o pensamento dos estudantes influenciam no seu ensino sobre esta ideia?			
6. Que outros fatores influem no ensino dessa ideia?			
7. Quais são os procedimentos / estratégias que você utiliza para que os estudantes se comprometam com essa ideia e quais as razões para fazê-lo?			
8. Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou a confusão dos estudantes sobre esta ideia?			

Fonte: Loughran, Mulhall e Berry (2004), p. 376. (tradução nossa)