



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
(IFMT)
CAMPUS OCTAYDE JORGE DA SILVA – CUIABÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO**

LÉO DA SILVA FLORIANO

**CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE QUÍMICA (CTSK): UM
ESTUDO DE CASO DO ENSINO DE TERMOQUÍMICA NAS PRÁTICAS DE DOIS
PROFESSORES DE CUIABÁ – MT**

**CUIABÁ – MT
2021**

LÉO DA SILVA FLORIANO

**CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE QUÍMICA (CTSK): UM
ESTUDO DE CASO DO ENSINO DE TERMOQUÍMICA NAS PRÁTICAS DE DOIS
PROFESSORES DE CUIABÁ – MT**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação *Stricto Sensu*, Mestrado Acadêmico em Ensino, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), *campus* Octayde Jorge da Silva, Cuiabá, em associação ampla com a Universidade de Cuiabá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino, área de concentração: Ensino, Currículo e Saberes Docentes e da Linha de Pesquisa: Ensino de Matemática, Ciências Naturais e Suas Tecnologias, sob a orientação do Prof. Dr. Leandro Carbo.

**CUIABÁ – MT
2021**

Dados internacionais de catalogação na fonte

S586c Silva Floriano, Léo da
CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE QUÍMICA
(CTSK): UM ESTUDO DE CASO DO ENSINO DE TERMOQUÍMICA NAS
PRÁTICAS DE DOIS PROFESSORES DE CUIABÁ – MT / Léo da Silva Floriano
– Cuiaba – MT, 2021.
116 f. : il. color.

Orientador(a) Leandro Carbo
Dissertação. (CBA - Mestrado em Ensino) – Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, 2021.
Bibliografia incluída

1. Ensino de Química. 2. CTSK. 3. Termoquímica. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecário(as): Jorge Nazareno Martins Costa (CRB1-3205)



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Campus Cuiabá
ATA Nº 3/2021 - CBA-PPGEN/CBA-DPP/CBA-DG/CCBA/RTR/IFMT

ATA DE BANCA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Cidade, data e horário	Cuiabá, 26/02/2021 às 14h		
Local	Campus Octayde Jorge da Silva, defesa remota (sala virtual)		
Discente	Léo da Silva Floriano		
Matrícula	2019180660472		
Curso de pós-graduação	Pós-Graduação- Mestrado em Ensino		
Tipo de Exame	DEFESA		
Título do trabalho	CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE QUÍMICA (CTSK): UM ESTUDO DE CASO DO ENSINO DE TERMOQUÍMICA EM DUAS ESCOLAS DE CUIABÁ – MT.		
Membros da Banca Examinadora (Informar na frente do nome caso seja participação remota)	Instituição	Examinador	
Prof.Dr. Leandro Carbo	Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT	Presidente	
Prof. Dr. Jeferson Gomes Moriel Junior	Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT	Interno	
Prof. Dr. Marcel Thiago Damasceno Ribeiro	Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT	Externo	
Prof. Dr. Geison Jader Mello	Instituto Federal de Mato Grosso-IFMT	Suplente	
PARECER DA BANCA EXAMINADORA			
Concluídas as etapas de apresentação, arguição e avaliação do trabalho, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do/a discente neste Exame. Foi concedido o prazo regulamentar do curso para que sejam efetuadas as correções sugeridas pela Banca Examinadora. Para constar, foi lavrada a presente Ata e assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.			
Notas. 1) O Presidente enviará esta ata à Secretaria do curso de Pós-Graduação com as assinaturas eletrônicas em até 48h. 2) Para assinar a ata pelo SUAP o Examinador Externo deve estar cadastrado no Módulo Administração - Prestador de Serviço. 3) O título de conclusão do discente será expedido após o discente cumprir todas as normativas do Curso e do IFMT.			

Documento assinado eletronicamente por:

- **Leandro Carbo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 26/02/2021 16:34:28.
- **Jeferson Gomes Moriel Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 26/02/2021 16:34:45.
- **Marcel Thiago Damasceno Ribeiro, Marcel Thiago Damasceno Ribeiro - Membro de banca de pós-graduação - Universidade Federal de Mato Grosso - Ufmt (1)**, em 26/02/2021 16:35:23.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/02/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifmt.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 137365
Código de Autenticação: 4af70ab653



Aos sentimentos, pela capacidade que possuem de mudar o modo de viver a vida, e à linguagem deles, que utiliza dos corações quando precisamos nos expressar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos sentimentos. À coragem, à amizade, ao amor, à sabedoria, à confiança e à sinceridade que todos depositaram em mim durante a caminhada neste curso de Mestrado em Ensino, sem deixar de lado a luz e a esperança que me guiaram no percorrer da pós-graduação, principalmente nos momentos mais difíceis.

Agradeço à coragem, pois, sem ela, eu não teria tentado o seletivo do programa ou não teria enfrentado esta caminhada durante estes dois anos, ainda mais em plena pandemia da Covid-19. Agradeço às amigadas que construí no IFMT, as quais pretendo levar durante a vida: Claudia Kelly, Katherine Carneiro, Silbene Paniolo, Roseildo Cruz, Jakline Martins, Victor Hugo, Susel Soares, Stela Lima e Marcela Marques!!! Que possamos sempre tomar o café pedagógico daqui pra frente!!!

Obrigado também aos meus amigos que tanto me apoiaram desde o processo seletivo e que estarão comemorando mais esta etapa: Gahelyka Pântano, Laura Dayane, Kleber Vinicius, Clodoaldo Ribeiro, Italo Melo, Daniel Rocha, Marcos Oliveira, Cauê Pereira, Lidiane Pereira, Geane Figueiredo, Miria Adami, Amanda Katielly, Rubens Luz e Suzana Luz

Agradeço à sabedoria e à confiança dos meus professores, pelas aulas e também pela motivação. Agradeço em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Leandro Carbo, por ter construído tantos conhecimentos sobre o ensino, sobre a Química e sobre a vida. Obrigado aos professores da linha 3 (Prof. Dr. Geison Jader Melo, Prof.^a Dra. Raquel Martins Fernandes e Prof. Dr. Jeferson Moriel Junior) e ao Prof. Dr. Marcel Thiago Damasceno Ribeiro – além de bons professores e amigos, vocês foram vitais na minha trajetória acadêmica.

Agradeço à luz e à esperança dos meus pais, Durcilene da Silva Floriano e Zulmar Floriano, e aos meus familiares, à Neuza Maria, à Camila Peaguda, à Sirley de Fátima, à Débora Floriano, à Ana Karoline Volz, pois com vocês, esses sentimentos fazem meu coração reagir espontaneamente, numa explosão exotérmica e dinâmica.

Por fim, agradeço ao Amor, o sentimento mais difícil de explicar. É mais do que querer bem, é mais que dedicação. É um sentimento bom que flui do meu eu interior sem explicação ou sem saber de onde veio. Apenas o sinto. Eu amo a “Vida”.

“Quando nossos corações se juntam, algo bom sempre acontece!”

Takaishi Takeru

FLORIANO, L. S. **CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE QUÍMICA (CTSK): UM ESTUDO DE CASO DO ENSINO DE TERMOQUÍMICA NAS PRÁTICAS DE DOIS PROFESSORES DE CUIABÁ – MT.** 2020. 116 p. Dissertação de Mestrado em Ensino – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Cuiabá, 2021.

RESUMO

A partir das discussões quanto aos desafios e aos obstáculos que o universo escolar apresenta, evidenciam-se as crises associadas ao ensino contemporâneo de Ciências, uma área do conhecimento marcada por constantes transformações. Entretanto, apenas apontar os problemas que essa área enfrenta não é o suficiente para resolver tais problemas – é necessário ousar. De tal maneira, com base no modelo teórico do Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK, do inglês *Chemistry Teacher's Specialized Knowledge*), observaram-se aulas de dois professores de Química, um da rede privada e outro da rede pública de ensino, em Cuiabá, Mato Grosso, para turmas do 2.º ano do Ensino Médio. Foram observadas as práticas adotadas em relação ao conteúdo da Termoquímica, assunto caracterizado pela dificuldade de abordagem em sala de aula, seja devido à dependência e às relações com a Física e a Matemática, seja pelas transições entre os universos microscópico e macroscópico. O intuito foi o de identificar quais conhecimentos especializados foram mobilizados pelos professores participantes da pesquisa para lecionar tal conteúdo. Para tanto, realizou-se um estudo de caso, de natureza qualitativa. Como instrumentos de produção de dados, recorreu-se à observação não participante e à entrevista semiestruturada. A Análise de Conteúdo foi usada para a análise dos dados. A partir da transcrição das aulas observadas, pôde-se caracterizar, categorizar e descrever os conhecimentos especializados dos professores de Química participantes da pesquisa naquilo que se refere a ambos os domínios do modelo teórico-analítico CTSK e discutir, em se tratando das conexões dos conhecimentos especializados de professores da referida disciplina, uma visão integradora entre os subdomínios. Com isso, foi possível realizar a categorização de 153 conhecimentos mobilizados durante as aulas observadas, a partir das conexões entre os mesmos, discutindo a profundidade entre os vínculos e ligações que esses elos permitiram, promovendo, de tal maneira, contribuições para a prática docente, com base na autorreflexão, além de uma ferramenta inovadora para a formação docente continuada e para licenciandos em Química.

Palavras-chave: Ensino de Química; CTSK; Termoquímica.

ABSTRACT

Discussing about the challenges and obstacles that the school's universe presents, the crises encountered by contemporary science's teaching are evident, although these universes remain in constant transformations. However, indicate the problems that the teaching area faces is not enough to solve them, it is necessary to innovate. In such a way, from the theoretical model of the Chemistry Teachers' Specialized Knowledge (CTSK), classes of two Chemistry's teachers were observed, one from the private and another from the public school, in Cuiabá (MT), for classes second year of high school, in what refers to the content of Thermochemistry, which in turn, is characterized by difficulties, whether due to the relations and dependencies of the content with Physics and Mathematics or the transitions of the microscopic and macroscopic universes, in order to ascertain what are the specialized knowledge mobilized by these teachers, to teach such content. To do so, we start with a qualitative case study, using non-participant observation and semi-structured interviews, as instruments of production and content analysis for data analysis. And, when it comes to the results and discussion, from the transcription of the observed classes, it is possible to characterize, categorize and describe the Chemistry Teachers' Specialized Knowledge, in what refers to both domains of the theoretical-analytical model CTSK - and to discuss, when it comes to the connections of the Teachers' Specialized Knowledge - addressing an integrative view between the subdomains. In a such way, it was possible to categorize 153 knowledge mobilized during the observed classes, based on the connections between them, discussing the depth between the bonds and connections that these links allowed, promoting, in such a way, contributions to the teaching practice, based on self-reflection, as well as an innovative tool for continuing teacher education and for graduates in Chemistry.

Keywords: Chemistry's Teaching, CTSK, thermochemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo de modelos relacionados ao PCK.	20
Figura 2 – Modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Matemática (MTSK).	21
Figura 3 – Centralização do PCK.....	28
Figura 4 – MTSK (CARRILLO <i>et al.</i> , 2014) e CTSK (SOARES, 2019).	31
Figura 5 – Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK).....	32
Figura 6 – Leis da Termodinâmica.....	38
Figura 7 – Diagrama representacional da combustão do etanol em termos de variação de entalpia (reação exotérmica).....	40
Figura 8 – Diagrama representacional da decomposição da água em termos de variação de entalpia (reação endotérmica).	40
Figura 9 – Conhecimentos identificados na transcrição das aulas do Prof. Carvalho, divididos nos subdomínios do modelo teórico CTSK.	52
Figura 10 – Gráfico da reação endotérmica.....	56
Figura 11 – Gráfico da reação exotérmica.	56
Figura 12 – Cálculo de entalpia na reação de formação do SO ₃	58
Figura 13 – Representação estrutural das moléculas de H ₂ para a contextualização de substâncias simples e valor de entalpia para esses compostos.	58
Figura 14 – Definição da lei de Hess.	61
Figura 15 – Exemplificação da lei de Hess com um exemplo genérico.	61
Figura 16 – Definição de consumo e formação de espécies intermediárias numa reação genérica.	63
Figura 17 – Cálculo de entalpia, a partir da lei de Hess, para o exemplo genérico.	64
Figura 18 – Definição de “mol” e de “número de Avogadro”.	67
Figura 19 – Cálculo da entalpia de reação a partir da entalpia de ligação dos participantes da reação química de decomposição do HF.....	68
Figura 20 – Cálculo da entalpia de reação a partir da entalpia de ligação dos participantes da reação química genérica.....	69
Figura 21 – Cálculo de entalpia de reação a partir das entalpias de ligações dos participantes da reação de formação do clorofluorcarboneto.	71
Figura 22 – Conhecimentos identificados na transcrição das aulas da Prof. ^a Magnólia, divididos nos subdomínios do modelo teórico CTSK.	74
Figura 23 – Definição da delta H.....	83
Figura 24 – Exercício 1: entalpia.....	85
Figura 25 – Exercício 2.	89
Figura 26 – Exercício 1.	92
Figura 27 – Exercício 2.	97
Figura 28 – Exercício 3.	99
Figura 29 – Definição de energia de ligação.....	103
Figura 30 – Exemplificação da energia de ligação.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Domínios e subdomínios do CTSK para o domínio CK.	34
Quadro 2 – Domínios e subdomínios do CTSK para o domínio PCK.	35
Quadro 3 – Exemplos de conhecimentos especializados de professores de Química.	36
Quadro 4 – Domínios e subdomínios do CTSK para o domínio PCK.	36
Quadro 5 – Trabalhos publicados na revista <i>Química Nova na Escola</i> (QNEsc) acerca do ensino de Termoquímica entre os anos de 2014 a 2020.	43
Quadro 6 – Instrumento de análise CTSK.	49
Quadro 7 – Exemplificação de categorização do CTSK.	50
Quadro 8 – Análise da aula 1 do Prof. Carvalho (linhas 02 a 07).	53
Quadro 9 – Análise da aula 1 do Prof. Carvalho (linhas 38 a 40).	54
Quadro 10 – Análise da aula 1 do Prof. Carvalho (linhas 58 a 62; 111 a 113; e 135 a 137).	55
Quadro 11 – Análise da aula 2 do Prof. Carvalho (linhas 23 a 26; 38 a 42; e 47 a 52).	57
Quadro 12 – Análise da aula 2 do Prof. Carvalho (linhas 149 a 157), concomitantemente à entrevista com o professor (linhas 01 a 03).	59
Quadro 13 – Análise da aula 2 do Prof. Carvalho (linhas 183 a 185).	60
Quadro 14 – Análise da aula 3 do Prof. Carvalho (linhas 08 a 10; 27 a 29; e 31 a 40).	61
Quadro 15 – Análise da aula 3 do Prof. Carvalho (linhas 40 a 42; 43 a 46; e 64 a 66), concomitantemente à entrevista com o professor (linhas 09 a 12).	62
Quadro 16 – Análise da aula 3 do Prof. Carvalho (linhas 67 a 68; 76 a 113; e 114 a 122).	64
Quadro 17 – Análise da aula 4 do Prof. Carvalho (linhas 04 a 08; 12 a 16; e 16 a 19), concomitantemente à entrevista com o professor (linhas 14 a 19).	65
Quadro 18 – Análise da aula 4 do Prof. Carvalho (linhas 43 a 51; 74 a 81; 114 a 118; e 126 a 140).	67
Quadro 19 – Análise da aula 5 do Prof. Carvalho (linhas 05 a 14; 70 a 136, 152 a 158; e 237 a 239).	70
Quadro 20 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 04 a 08).	75
Quadro 21 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 09 a 19; e 19 a 24), concomitantemente à entrevista com a professora (linhas 01 a 03).	76
Quadro 22 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 28 a 36).	77
Quadro 23 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 38 a 44).	78
Quadro 24 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 44 a 49).	79
Quadro 25 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 49 a 60), concomitantemente com a entrevista com a professora (linhas 01 a 03).	80
Quadro 26 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 60 a 66).	82
Quadro 27 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 68 a 80).	83
Quadro 28 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 80 a 84).	84
Quadro 29 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 85 a 94; e 95 a 103):	85
Quadro 30 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 104 a 118; 118 a 125).	87
Quadro 31 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 127 a 140).	89
Quadro 32 – Transcrição da aula 1 da Prof. ^a Magnólia (linhas 141 a 146).	90
Quadro 33 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 02 a 08).	91
Quadro 34 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 10 a 23).	92
Quadro 35 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 24 a 33).	94
Quadro 36 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 34 a 50; e 51 a 56).	95
Quadro 37 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 61 a 66).	96
Quadro 38 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 70 a 75).	96
Quadro 39 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 76 a 87).	97

Quadro 40 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 95 a 106), concomitantemente à entrevista com a professora (linhas 12 a 14).....	98
Quadro 41 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 108 a 114).....	99
Quadro 42 – Transcrição da aula 2 da Prof. ^a Magnólia (linhas 118 a 126), concomitantemente à entrevista com a professora (linhas 05 a 8).....	99
Quadro 43 – Transcrição da aula 3 da Prof. ^a Magnólia (linhas 03 a 11).....	102
Quadro 44 – Transcrição da aula 3 da Prof. ^a Magnólia (linha 15 a 21).....	103
Quadro 45 – Transcrição da aula 3 da Prof. ^a Magnólia (linhas 21 a 31), concomitantemente à entrevista com a professora (linhas 14 a 18).	104
Quadro 46 – Transcrição da aula 3 da Prof. ^a Magnólia (linha 31 a 36).....	104
Quadro 47 – Transcrição da aula 3 da Prof. ^a Magnólia (linha 39 a 50).....	105

LISTA DE SIGLAS

Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CIN – Colégio Isaac Newton
CNE – Conselho Nacional de Educação
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Conedu – Congresso Nacional de Educação
CTSK – *Chemistry Teacher's Specialized Knowledge*
EJA – Educação de Jovens e Adultos
Enem – Exame Nacional do Ensino Médio
Eneq – Encontro Nacional de Ensino de Química
FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
IFMT – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
KCLS – *Knowledge of Chemistry Learning Standards* (Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Química)
KCT – *Knowledge of Chemistry Teaching* (Conhecimento do Ensino de Química)
KFLC – *Knowledge of Features of Learning Chemistry* (Conhecimento das Características de Aprendizagem de Química)
KoTC – *Knowledge of Topics of Chemistry* (Conhecimento dos Tópicos de Química)
KRDC – *Knowledge of Research and Development of Chemistry* (Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química)
KSC – *Knowledge of the Structure of Chemistry* (Conhecimento da Estrutura da Química)
LabPEQ – Laboratório de Pesquisa de Ensino de Química da Universidade Federal de Mato Grosso – *campus* Cuiabá
MEC – Ministério da Educação do Brasil
MT – Mato Grosso
MTSK – *Mathematics Teacher's Specialized Knowledge*
PaP-ER – *Pedagogical and Professional-experience Repertoire* (Relatório da Experiência Profissional Pedagógica)
PCC – Prática como Componente Curricular
PCK – *Pedagogical Content Knowledge* (Conhecimento de Conteúdo Pedagógico)
Pibid – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
QNEsc – Revista Química Nova na Escola
Seduc-MT – Secretaria de Estado de Educação, Esporte e Lazer de Mato Grosso
Semilic – Semana da Licenciatura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, *campus* Primavera do Leste
SemiPEQ – Semana de Minicursos do Laboratório de Pesquisa de Ensino de Química da Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* Cuiabá
Sesu – Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação do Brasil
TSK Group – *Teacher's Specialized Knowledge Group* – Grupo de Pesquisa Conhecimento Especializado de Professores
UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso
UniSerra – Faculdade de Educação de Tangará da Serra

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Trajetória pessoal	15
1.2 Temática e justificativa da pesquisa	17
1.3 Estudos antecedentes	19
1.4 Problemática e objetivos da pesquisa.....	22
1.5 Breve descrição dos capítulos da dissertação	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 As realidades do ensino de Química	24
2.2 Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK).....	27
2.3 O ensino de Termoquímica.....	37
3 MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1 Contexto e participantes da pesquisa	45
3.2 Produção dos dados	46
3.3 Análise e interpretação dos dados.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Conhecimentos Especializados Mobilizados nas aulas do Prof. Carvalho e conexões entre os subdomínios.....	51
4.2 Conhecimentos especializados mobilizados nas aulas da Prof. ^a Magnólia	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICE A – ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	115

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, serão apresentados a trajetória pessoal do pesquisador, a temática de pesquisa, os estudos antecedentes e os seus possíveis avanços, a problemática de pesquisa a ser investigada, a pergunta norteadora e, por fim, os objetivos (geral e específicos) deste trabalho.

1.1 Trajetória pessoal

Nesta dissertação de Mestrado, apresento-lhes um breve relato da minha trajetória acadêmica. Tal relato gerou reflexões acerca das atividades já realizadas por mim no ensino de Ciências, área à qual estou ligado desde o curso de licenciatura em Química da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *campus* Cuiabá, passando pela pós-graduação na mesma instituição – curso que tive que interromper devido à posse em um concurso público da Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (Seduc-MT) em 2018 – e, por fim, pelo retorno a um curso de pós-graduação, desta feita no Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), *campus* Cuiabá. É precisamente o produto desse curso que será apresentado nesta dissertação.

Iniciei a minha graduação em 2012 com 17 anos e optei pelo curso de licenciatura em Química devido às aulas de um professor dessa disciplina (Prof. Jandinei Martins dos Santos) durante o meu Ensino Médio, cursado no *campus* de Cuiabá – Bela Vista do IFMT. Nas aulas do Prof. Jandinei, eu gostava, sobretudo, das experimentações investigativas e dos recursos humorísticos que ele empregava em sua prática docente. Durante os quase cinco anos de graduação, enfrentei muitos desafios, como os dos Cálculos Integrais e Diferenciais, os das Físico-Químicas e os da Química Analítica Instrumental. Além disso, houve os longos períodos passados no *campus* da universidade e no Laboratório de Pesquisa de Ensino de Química (LabPEQ). Foi aí, nesses espaços, que construí vínculos e amizades e adquiri inúmeros conhecimentos na área, os quais carrego até hoje.

Durante os anos de 2012 a 2013, fui bolsista do projeto “Tutoria – Consciência Química” e, entre os anos de 2014 e 2016, do Programa de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid). Em 2017, fui ainda bolsista de um projeto de extensão, sob a orientação dos professores Dra. Elane Soares Chaveiro, Dra. Mariuce Campos de Moraes e Dr. Marcel Thiago Damasceno Ribeiro. Nessa oportunidade, participei de eventos da área de

Química, como a “Mostra da Graduação e Semana de Minicursos das Práticas de Ensino de Química” (SemiPEQ) e o “Encontro Nacional de Ensino de Química” (Eneq) de 2014 e 2016.

Em 2017, antes mesmo de finalizar a graduação, ingressei na carreira docente: fui contratado como professor de Química pelo Colégio Isaac Newton, em Cuiabá (2017). Foram-me atribuídas turmas de 1.º e 2.º anos do Ensino Médio e do cursinho pré-vestibular. Em maio de 2017, finalmente, concluí o curso e tornei-me um licenciado em Química. Pouco tempo depois, em julho de 2017, surgiu a oportunidade de participar de um processo seletivo para professor substituto do IFMT, *campus* Várzea Grande. Mesmo apreensivo em relação às provas, pois os meus concorrentes eram especialistas e mestres, decidi participar, fazendo uso dos conhecimentos construídos ali mesmo, no laboratório da instituição na qual disputava uma vaga de emprego. Fui aprovado e comecei a trabalhar no instituto (2017/2018).

Depois disso, prestei o meu primeiro concurso público, desta vez disputando um cargo efetivo. Foi o concurso da Seduc-MT, no qual alcancei outra conquista: passei em terceiro lugar geral para Cuiabá e assumi a minha cadeira como professor efetivo em 27 de abril de 2018. Entretanto, nessa mesma época, eu estava cursando o Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais da UFMT. Uma vez que, ao iniciar no novo emprego, não pude escolher os meus horários na escola, pois o ano letivo já havia iniciado, houve um choque de horário me impediu de levar os estudos adiante. Optei, então, por trancar a minha matrícula no Mestrado.

Ainda em 2018, mais precisamente em outubro desse ano, por intermédio de colegas de trabalho do IFMT do *campus* Várzea Grande, fiquei sabendo do processo seletivo do Programa de Pós-Graduação em Ensino da instituição. Decidi prestar a seleção e, em março de 2019, fui aprovado em 1.º lugar na linha 3, a de Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Desde então, ingressei no Grupo de Pesquisa Conhecimento Especializado de Professores (*Teacher’s Specialized Knowledge Group* (TSK Group¹)), liderado pelo Prof. Dr. Jeferson Gomes Moriel Junior. Além disso, participei de eventos da área – como o “Congresso Nacional de Educação” (Conedu), o já referido Eneq e a Semana da Licenciatura do IFMT – *campus* Primavera do Leste (Semilic). Enquanto

¹ *Link* para o grupo nos diretórios do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/7032020622091895.

professor de Química e pesquisador, atuei com o intuito de contribuir para o ensino de Química, discutindo as relações entre os conhecimentos didáticos e os conhecimentos específicos dos conteúdos disciplinares, ao mobilizando os tópicos dos hidrocarbonetos e da Termoquímica, os quais foram de grande valia para a construção desta dissertação.

1.2 Temática e justificativa da pesquisa

Considerando o atual cenário da Educação Básica, ao tratar dos desafios e dos obstáculos que o universo escolar apresenta e do papel do professor como um intérprete em espaços formais e não formais de ensino, diversas pesquisas evidenciam as crises enfrentadas pelo ensino contemporâneo de Ciências, embora tais pesquisas refiram que se trata de uma área do conhecimento marcada por constantes transformações (MELO, 2007; SILVEIRA, 2008; MASSENA, 2010; SOARES, 2012; FERNANDEZ, 2018; MOURÃO; GHEDIN, 2019; REZENDE, 2019). Segundo Lima (2008, p. 08), *“a escola vem sendo vista como um grande saco sem fundo, capaz de abarcar e resolver tudo aquilo que outras instituições não solucionam”*. Assim, apenas apontar os problemas, desafios e obstáculos que a área do ensino enfrenta não é o suficiente para resolver tais problemas – é necessário ousar e inovar (BENEDICTO, 2016). Considerando essa premissa, nesta pesquisa, o nosso ponto de partida consistiu nas conexões entre os conhecimentos e os conceitos da disciplina de Química e a área pedagógica (CACHAPUZ *et al.*, 2005; CHASSOT, 2014; MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2019).

Em relação à área de ensino de Química, o trecho de Kempa (1991) citado a seguir lista precisamente quais seriam as dificuldades, os obstáculos e os desafios enfrentados pela disciplina.

A natureza das ideias prévias ou a pouca aquisição para estabelecer relações significativas com os conceitos que se deseja que os estudantes aprendam; as relações entre a demanda ou complexidade de uma tarefa a ser aprendida e a capacidade do estudante para organizar e processar a informação; a competência linguística; a pouca coerência entre o estilo de aprendizagem do estudante e o modelo de ensino do professor. (KEMPA, 1991, p. 120, tradução nossa).

Com o intuito de enfrentar tais problemas, pode-se recorrer às relações entre os conhecimentos específicos e didáticos e a modelos teóricos, como o Conhecimento Especializado de Professores de Matemática (*Mathematics Teacher's Specialized Knowledge* ou MTSK) (CARRILLO *et al.*, 2014), e o Conhecimento Especializado de

Professores de Química (*Chemistry Teacher's Specialized Knowledge*) (SOARES, 2019; SOARES, CARBO; 2020). Em relação ao MTSK, trata-se de um modelo teórico que estabelece conjuntos de conhecimentos especializados de professores de Matemática, vitais para o processo de ensino-aprendizagem. O objetivo é entender os conhecimentos relativos à disciplina: as definições e os conceitos matemáticos; as conexões entre os conhecimentos matemáticos; a prática matemática; os conhecimentos relativos às estratégias de ensino; o processo de aprendizagem matemática; e o currículo. Para tanto, o modelo abrange as crenças sobre a Matemática e sobre o ensino e a aprendizagem da disciplina (CARRILLO *et al.*, 2014).

Ao discutir o modelo teórico do Conhecimento Especializado de Professores de Química, é necessário abordar a transposição do MTSK para a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Tal transposição foi realizada de forma pioneira por Soares (2019), propendendo aos vínculos entre a disciplina e a componente pedagógica e epistemológica e estabelecendo as particularidades e os elementos pertencentes à natureza dessa Ciência, como a experimentação – ou o Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química (*Knowledge of Research and Development of Chemistry* ou KRDC) – ou o Conhecimento das Características de Aprendizagem da Química (*Knowledge of Features of Learning Chemistry* ou KFLC).

Depois de um estudo do modelo do Conhecimento Especializado de Professores aplicado à área de Química, optou-se por aplicá-lo ao ensino de Termoquímica. Fez-se, então, em 25 de dezembro 2020, uma busca no *Google Scholar*, limitada para o período de 2014 a 2020 – ou seja, a partir da elaboração do MTSK como marco teórico –, utilizando as seguintes palavras-chave: “PCK”²³ e “ensino de Termoquímica”. Foram encontradas 24 pesquisas, que destacaram os desafios e os obstáculos do ensino de Termoquímica. Trata-se de um assunto que pode ser confuso e que envolve a compreensão de outros conteúdos ministrados na disciplina de Química, tais como matéria e energia, ligações químicas, distribuição eletrônica, regra do octeto, tabela periódica e cálculo estequiométrico (SOUZA, 2014; HERNANDES, 2018; REZENDE, 2019). As discussões de tais pesquisas centraram-se nos principais desafios do professor para ensinar Termoquímica e nos conhecimentos especializados acerca do universo abstrato do

² Sigla em inglês para “*Knowledge of Features of Learning Chemistry*”.

³ Optou-se por “PCK” como palavra-chave, uma vez que não encontramos resultados relacionados ao CTSK para o ensino de Termoquímica na busca pela ferramenta *Google Scholar*.

conteúdo, uma vez que as transformações estudadas ocorrem em níveis microscópicos (SOUZA, 2014; VELOSO, 2015).

Em relação às justificativas para o desenvolvimento desta pesquisa, podem ser listados dois aspectos. Em primeiro lugar, é importante referir as aulas de Química que foram ministradas pelo autor desta dissertação durante os anos de 2018 e 2019, em uma escola estadual, localizada em Cuiabá, Mato Grosso. Os alunos relatavam, informalmente, que a disciplina em questão era considerada como uma das mais difíceis, ainda mais durante o 2.º ano do Ensino Médio, período no qual os cálculos matemáticos estão mais presentes. De acordo com alguns colegas professores, os alunos não estavam familiarizados com os principais elementos da natureza dessa Ciência. Além disso, no decorrer dos anos letivos, as conexões que eles podiam estabelecer entre os conteúdos vistos em sala de aula e a vida cotidiana não eram evidentes.

Outro fator importante para a justificativa desta pesquisa é o pioneirismo da área em questão. As possíveis relações entre os universos químico e didático ainda estão se estruturando com as recentes pesquisas realizadas em nível de Mestrado e Doutorado em diversos países, com as do TSK Group. O grupo acolhe pesquisas centradas no conhecimento especializado de professores para o ensino de Matemática e Ciências da Natureza e, como já referido, é liderado pelo Prof. Dr. Jeferson Gomes Moriel Junior, contando com o apoio da Rede Iberoamericana MTSK (MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2020). Com modelo elaborado e núcleos de trabalhos em diversos países (Espanha, Portugal, Chile, Equador, Peru, México e Brasil), um trabalho como o do TSK Group pode proporcionar mais valorização profissional para a área de Química e contribuir para melhorar o processo educacional propriamente dito (CARRILO *et al.*, 2014; MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2020).

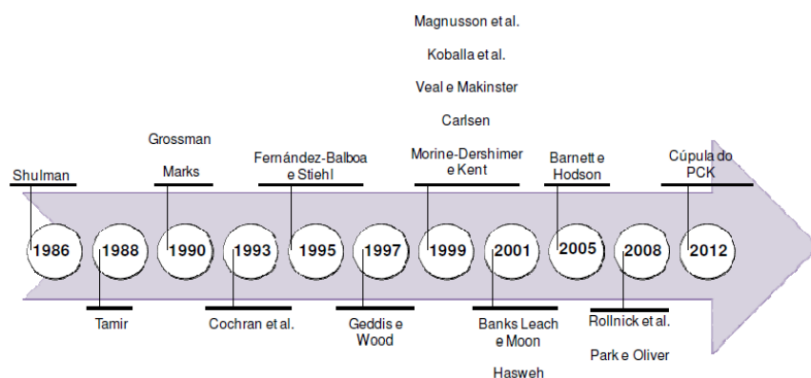
1.3 Estudos antecedentes

Ao apresentar os estudos que antecederam este trabalho, é necessário, em primeiro lugar, discutir a linha do tempo acerca da tipologia e dos modelos de conhecimentos especializados de professores para ensinar determinados conteúdos. Tais modelos começaram a ser discutidos internacionalmente em 1980.

Em relação às discussões quanto aos conhecimentos dos professores, destaca-se o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge*⁴ ou PCK). Segundo Shulman (1986), o PCK representaria o conhecimento profissional dos professores. O autor (1986) dedicou-se a investigar quais os saberes que os professores detêm acerca dos conteúdos que ensinam – isto é, quais são as fontes desses conhecimentos, como esses conhecimentos são responsáveis por elaborar bases e teias dos conhecimentos para a atuação profissional e ainda possibilitam refletir sobre a prática pedagógica, em uma interação entre os conhecimentos e saberes relacionados aos conteúdos e o processo de ensinar, na qual o professor transforma os conteúdos específicos em situações de ensino-aprendizagem por meio de analogias, demonstrações, experimentações, ilustrações, exemplos e representações (RIBEIRO, 2016).

Partindo do PCK, outros pesquisadores e pesquisadoras dedicaram-se a estudar diversos modelos teórico-analíticos: o modelo de Tamir; o modelo de Grossman; o modelo de Koballa, Gräber, Coleman e Kemp; o modelo de Morine-Dershimer e Kent; o modelo de Carlsen; o modelo de Barnett e Hodson; o modelo de Banks, Leach e Moon; o modelo de Hashweh; e o modelo da Cúpula do PCK. Em relação ao Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, são encontrados os modelos de Marks; de Cochran, Ruitter e King; de Fernandez-Balboa e Stiehl; de Geddis e Wood; de Magnusson, Krajcik e Borko; de Veal e Makinster; de Rollnick, Rhemtula, Dharsey e Ndlovu; e de Park e Oliver (SOARES, 2019). A seguir, a figura 1 organiza esses modelos em uma linha do tempo.

Figura 1 – Linha do tempo de modelos relacionados ao PCK.

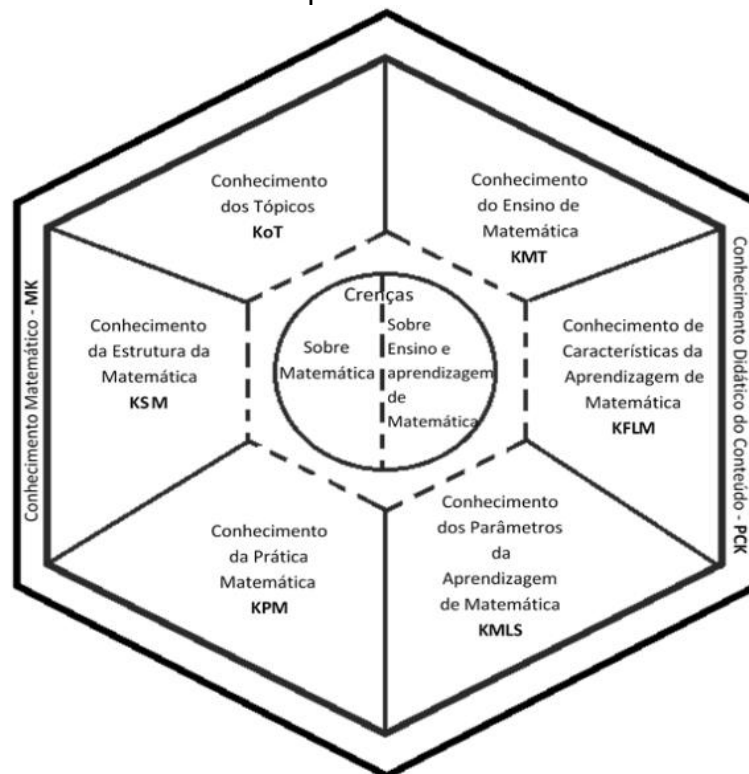


Fonte: Soares (2019).

⁴ A sigla "PCK" é mais comumente conhecida em periódicos; vários trabalhos mantêm a sigla na língua inglesa. Nesta dissertação, adota-se essa mesma opção para discutir os Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo.

O MKT especificou um conjunto de conhecimentos para a área da Matemática. Posteriormente, foi proposto o MTSK (sigla em inglês, *Mathematical Teacher's Specialized Knowledge*, ou seja, os Conhecimentos Especializados de Professores de Matemática). Trata-se de um marco teórico analítico-descritivo que considera as particularidades do ensino e da aprendizagem da disciplina e de suas diferentes naturezas e os domínios matemáticos e didáticos dos conteúdos em questão (CARRILLO; CONTRERAS; FLORES, 2013; MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI, 2017; MORIEL JUNIOR; DUARTE, 2020). Tal modelo é comumente representado por meio de uma figura hexagonal, dividida em dois domínios: o Conhecimento Matemático (*Mathematical Knowledge* ou CK) e o Conhecimento Didático do Conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge* ou PCK). Esses dois domínios são ainda constituídos por três subdomínios (CARRILLO *et al.*, 2014). É o que mostra a figura 2 a seguir.

Figura 2 – Modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Matemática (MTSK).



Fonte: Carrilo *et al.* (2014).

O já referido TSK Group do IFMT vem desenvolvendo, desde 2017, trabalhos acerca dos conhecimentos de professores (MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2019), usando como fundamentação e ferramenta analítica o MTSK, transpondo-o e adaptando-o para as

demais áreas das Ciências da Natureza. Entre tais trabalhos, podem ser citados o de Lima (2018), dedicado ao Conhecimento Especializado de Professores de Física (PTSK), e o de Soares (2019), dedicado ao Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK). Ambos os autores definem e descrevem esses modelos, os seus domínios e subdomínios e as categorias do subdomínio do Conhecimento dos Tópicos, respeitando as peculiaridades de cada disciplina. O trabalho de Silva (2020) foi desenvolvido a partir da análise de pap-Ers⁵ em Biologia. O grupo está também desenvolvendo artigos sobre o CTSK voltado para o ensino de hidrocarbonetos. Uma vez que a temática é recente na área de ensino de Química, outros modelos de conhecimento, não especializados, têm sido usados – podemos citar como exemplo o de Ribeiro (2016). Eles são de grande valia para as pesquisas do grupo. Por fim, é oportuno referir que o MTSK foi transposto para a Língua Portuguesa em Portugal. Surgiu, assim, o modelo de Conhecimento Especializado de Professores de Língua Portuguesa (PLTSK) (MOREIRA *et al.*, 2019).

1.4 Problemática e objetivos da pesquisa

Este trabalho está centrado nas relações entre os conhecimentos pedagógicos químicos do conteúdo, partindo do modelo CTSK (SOARES, 2019). Pretende-se contribuir para a área de ensino, mobilizando os conhecimentos especializados de professores de Química. Para isso, considerou-se a seguinte questão: **Quais conhecimentos especializados foram mobilizados por professores de Química no ensino da Termoquímica?**

Sendo, assim, o objetivo geral da pesquisa é o de caracterizar os conhecimentos especializados mobilizados por professores de Química para ensinar Termoquímica, conteúdo programático do 2.º ano do Ensino Médio, abordado pelos livros didáticos de acordo com a própria Base Nacional Comum Curricular (BNCC). De tal tarefa, desdobram-se os seguintes objetivos específicos:

- identificar e descrever conhecimentos especializados do domínio de Química, em episódio de aula, sobre o conteúdo de Termoquímica;
- identificar e descrever conhecimentos especializados do domínio Didático do Conteúdo, em episódio de aula, sobre o conteúdo de Termoquímica;

⁵ Sigla para “Relatório da Experiência Profissional Pedagógica” (*Pedagogical and Professional-experience Repertoire*).

1.5 Breve descrição dos capítulos da dissertação

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo, apresentam-se ao leitor a *temática da pesquisa* – o modelo teórico CTSK –, os *estudos antecedentes*, os *possíveis avanços para a temática*, a *problemática de pesquisa*, a *questão norteadora* e os *objetivos gerais e específicos*.

O segundo capítulo é dedicado a uma *revisão da literatura* relacionada à pesquisa. Pretende-se apresentar ao leitor conhecimentos acerca dos seguintes tópicos: realidades, desafios e obstáculos da área de ensino de Química (tópico 2.1); tipologias e modelos teóricos sobre os conhecimentos generalizados e específicos dos professores, com enfoque no modelo CTSK (tópico 2.2), criado por Soares (2019); e ensino do conteúdo de Termoquímica, conteúdo ministrado, geralmente, no 2.º ano do Ensino Médio (tópico 2.3).

No terceiro capítulo, será apresentada a *metodologia da pesquisa*. Serão abordados a natureza, o contexto, o perfil e os critérios na escolha dos sujeitos na pesquisa, além dos métodos e instrumentos para a coleta e análise dos dados. Por fim, será apresentada uma síntese desse percurso metodológico.

Nos dois últimos capítulos, capítulos 4 e 5, serão apresentados, respectivamente, os *resultados e a discussão* e as *considerações finais*. O capítulo 4 apresenta os resultados alcançados com as análises dos dados e as discussões. O capítulo 5 propõe uma síntese da pesquisa, indicando ainda sugestões para ações futuras de pesquisa relacionadas especificamente ao modelo teórico de Conhecimento Especializado de Professores de Química e à área de ensino.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 As realidades do ensino de Química

Com o intuito de discutir os papéis e as responsabilidades do professor no contexto de algumas problemáticas do ensino de Química, é oportuno começar por destacar as seguintes perguntas-chave, listadas por Chassot (2014, p. 06): *“Por que ensinar? Para quem ensinar? Por que (re)temos os estudantes por tanto tempo nas escolas? E qual a nossa responsabilidade, enquanto mediadores do ensino de Ciências para com o futuro dos estudantes?”*. Na tentativa de endereçar tais perguntas propostas por Chassot (2014), ganham destaque os papéis do professor de Ciências Naturais e as suas corresponsabilidades para com a Educação, englobando todo o cenário do ensino, da aprendizagem e da educação. Ao ensinar as Ciências Naturais e, especificamente, a disciplina de Química, tem-se a oportunidade de formar estudantes para serem cidadãos mais críticos. Contudo, muitas vezes, as metodologias e estratégias utilizadas para lecionar os conteúdos da disciplina Química são trabalhadas de forma desconexa do cotidiano dos estudantes ou das outras áreas do conhecimento (CHASSOT, 2014).

Os problemas relatados por professores e estudantes em relação à disciplina são variados. Destacam-se as dificuldades com os fenômenos abstratos do mundo microscópico e com as relações destes com o mundo macroscópico, a ausência de conexão dos conteúdos com o cotidiano, a desmotivação, o ensino tradicional e a memorização de fórmulas e equações por meio de métodos, sugestões, técnicas e tecnologias. Além disso, os professores pouco relacionam os conhecimentos químicos aos conhecimentos pedagógicos, o que leva a uma valorização apenas das Ciências exatas (QUADROS *et al.*, 2012; REZENDE, 2019). Outros aspectos podem ainda ser listados como desafios encontrados pelos professores: carga horária reduzida para lecionar a totalidade dos conteúdos da disciplina, defasagem salarial e falta de laboratórios de Ciências e/ou de materiais, reagentes e equipamentos nas escolas para o desenvolvimento de experimentações propriamente ditas (SOARES, 2019).

Conforme já adiantado, apenas apontar desafios e obstáculos que essa área de ensino enfrenta não é o suficiente para resolver os problemas – é necessário ousar e inovar (BENEDICTO, 2016). Leal e Mortimer (2008) e Lima (2012) discutem o significado e a relevância da palavra “inovação”, partindo de um ponto de vista acadêmico-epistemológico-pedagógico. O verbo “inovar” engloba diferentes demandas dos estudantes e também aspectos estruturais, administrativos e operacionais do trabalho de um

professor. Trata-se de uma ação mais complexa do que adotar novas metodologias em sala de aula, uma vez que a inovação visa à problematização, aos desafios e aos estímulos, de tal modo que o ensino conduza os estudantes à construção do conhecimento científico.

Partindo dessa premissa, trabalhos recentes abordam o uso das tecnologias em salas de aula (LEITE, 2019), da experimentação investigativa (SCHNETZLER; 2008) e de atividades lúdicas (BENEDICTO, 2016). Mesmo com inovação, a disciplina de Química muitas vezes não é bem compreendida pelos alunos, devido à abstração envolvida e à consequente falsa impressão de inutilidade dessa Ciência. Isso pode levar à desmotivação para a aprendizagem (SILVA *et al.*, 2012).

Ao abordar o ensino de Química, é indispensável discutir a formação de professores, bem como a dicotomia entre os conhecimentos específicos das áreas das Ciências da Natureza e o fazer pedagógico. Tal impasse, por sua vez, impacta a forma como os cursos de Licenciatura são pensados no Brasil. A tendência de tais cursos é enfatizar as bases de conhecimentos da área específica, ou seja, do bacharelado, em detrimento das disciplinas ligadas aos conhecimentos pedagógicos. Essa fragmentação curricular ecoa na própria história das licenciaturas no Brasil, a partir da promulgação do Decreto-lei n.º 1.190, de 04 de abril de 1939, que implementou o esquema “3+1” (MOURÃO; GHEDIN, 2019).

De acordo com Schnetzler (2008), Gauthier *et al.* (2013) e Ribeiro (2016), essa modalidade conduziu a uma formação baseada em visões simplistas, que predominou na maioria dos cursos de Licenciatura em Química do Brasil. Grassou, então, a concepção de que ensinar é fácil, bastando ao professor saber apenas o conteúdo específico da sua área e dominar algumas técnicas pedagógicas.

Dos anos 1930 até a atualidade, assistimos a alguns avanços, os quais se refletiram tanto nas legislações vigentes e quanto nos documentos curriculares. Entre tais avanços, podemos citar a ampliação da carga horária de atividades práticas nas licenciaturas, com a Resolução CNE⁶ n.º 002/2002, que propôs 400 horas de Estágio Supervisionado, somadas a mais 400 horas de Prática como Componente Curricular (PCC); e a aprovação das Resoluções CNE 002/2015 e 002/2019, que, respectivamente, introduziram disciplinas da

⁶ A sigla CNE refere-se ao “Conselho Nacional de Educação”, órgão colegiado ligado ao Ministério da Educação (MEC), responsável por auxiliar na formulação de políticas públicas e de diretrizes de ensino.

área científica nos cursos de licenciatura e estabeleceram as Diretrizes Curriculares Nacionais para as formações iniciais em níveis superiores e para a formação continuada e formação inicial de professores para a Educação Básica, com a criação da Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação) (BRASIL, 2002; BRASIL, 2015; BRASIL, 2019).

As aludidas “visões simplistas” foram fortalecidas por diversos motivos, conforme se constata no estudo da história da formação de professores das Ciências da Natureza. Quando as licenciaturas começaram a ser implementadas nas universidades, os quadros de professores formadores eram, em sua maioria, de áreas afins, como a Engenharia, a Medicina e o bacharelado em Química. Esse quadro foi mudando ao passar dos anos, com um aumento na quantidade de cursos de licenciaturas e com os novos Programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Ensino de Matemática e Educação em Ciências que foram surgindo nas universidades brasileiras nos últimos anos (MALDANER, 2006; MOURÃO, GHEDIN; 2019).

Entendemos que relacionar adequadamente os conhecimentos da Química e os didático-pedagógicos no currículo é de vital importância para o professor que ensinará Ciências – e para aquele que ensinará a ensiná-la para os licenciandos. Nesse contexto, a partir de ações coletivas entre o Ministério da Educação (MEC), a Secretaria de Educação Superior (Sesu), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), com o intuito de promover melhor formação inicial dos licenciandos e de fazer a integração entre a teoria e a prática e entre escolas e universidades, foi criado em 2008 o Programa de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) e, mais recentemente, o Programa de Residência Pedagógica (FARIA; DINIZ-PEREIRA, 2019). Tais iniciativas permitem que os licenciandos vivenciem, antecipadamente, experiências do ambiente escolar a partir dos anos iniciais do curso. Articulando os objetivos dos programas às atividades desenvolvidas durante a graduação, a formação inicial da identidade docente é melhorada significativamente (STANZANI, 2012).

De acordo com Carvalho e Gil-Pérez (2000), a formação inicial de professores de Ciências está repleta de desafios e obstáculos. Destacam-se, a esse respeito, as rupturas com visões simplistas sobre o ensino de Ciências, os questionamentos sobre as ideias ligadas ao senso comum acerca do ensino e da aprendizagem das Ciências da Natureza, a dificuldade de analisar criticamente o ensino tradicional e de adquirir a formação

necessária para associar ensino e pesquisa didática. Ensinar Ciências exige que os professores recém-formados tenham visões estruturadas dos conhecimentos científicos das Ciências da Natureza. Tais visões devem estar fundamentadas em atitudes que os auxiliem a promover aprendizados que valorizem e respeitem os indivíduos e permitam que os alunos compreendam o mundo. A Ciência deve ser compreendida, nesse contexto, como algo culturalmente construído e em constante transformação. Novos conhecimentos surgem sobre “*as relações entre conhecimento, educação em Ciências, escola, desenvolvimento de currículo e ação pedagógica a partir da realidade, tendo como foco a especificidade do trabalho docente*” (CARVALHO; GIL-PEREZ, 2000, p. 32).

A respeito da profissão docente, vale destacar que a educação se produz em processos interpessoais, marcados por identidades profissionais e profissionalidades. Daí a necessidade de, por um lado, repensar os processos formativos de professores e, por outro, a própria carreira docente. Esse desenvolvimento assemelha-se, na atualidade, às reconfigurações de condições para além das competências operativas e técnicas, integrando os modos de agir e pensar. Isso implica a mobilização de conhecimentos, de métodos de trabalho, de intenções, de valores individuais e grupais, da cultura escolar, do saudável confronto de ideias, das crenças, das práticas, dos objetivos e dos papéis sociais do professor para com seus alunos, colegas e gestores. O objetivo é melhor formar as crianças e os jovens, preparando-os para o mundo onde vivem (GATTI, 2016).

2.2 Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK)

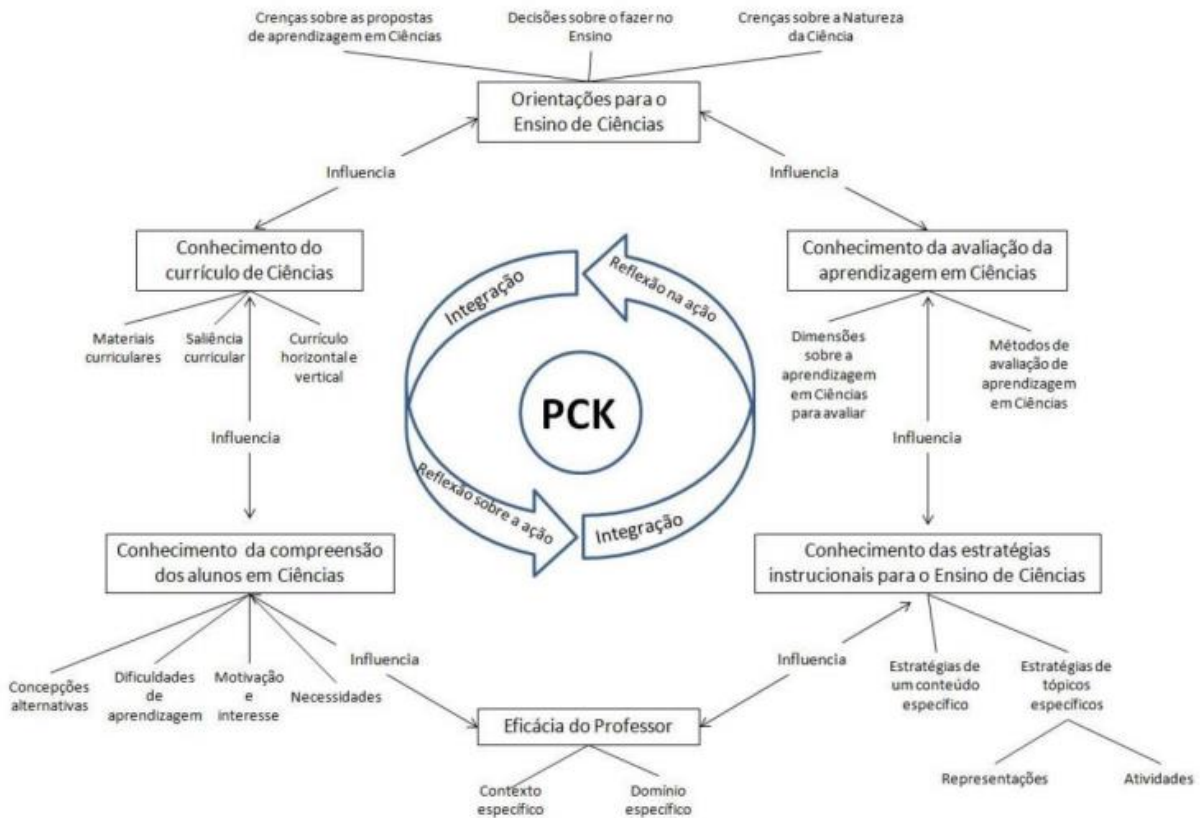
O capítulo 1 deste trabalho (*Introdução*) fez referência a uma busca realizada no *Google Scholar* acerca do PCK e do ensino de Termoquímica, na qual foram obtidos 24 trabalhos. Conforme também já foi adiantado, a palavra-chave “CTSK” não retornou resultados. Portanto, optou-se por iniciar as discussões em relação ao modelo/constructo PCK.

Conforme nos traz Ribeiro (2016), tal construto foi proposto Shulman em 1987, autor que definiu que três conhecimentos básicos necessários ao professor: 1) Conhecimento Específico do Conteúdo; 2) Conhecimento do Currículo; e 3) Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Shulman (1986) ampliou esses conhecimentos de base, adicionando outros quatro à lista inicial, a saber: 1) Conhecimento Específico do Conteúdo; 2) Conhecimento Pedagógico Geral; 3) Conhecimento Curricular; 4) Conhecimento Pedagógico do

Conteúdo; 5) Conhecimento dos Alunos e suas Características; 6) Conhecimento do Contexto Educacional; e 7) Conhecimento dos Fins, Propósitos e Valores Educacionais (CASTRO *et al.*, 2013; RIBEIRO, 2016). Entre esses conhecimentos, destaca-se o constructo, uma vez que ele representa a ligação entre os conteúdos específicos e os pedagógicos no contexto do entendimento de como os tópicos, problemas ou questões são organizados, representados e adaptados aos interesses e habilidades dos estudantes – é isso que diferencia um especialista de um professor de uma determinada área (SHULMAN, 1986).

Desde a definição original de Shulman para o PCK, diversos pesquisadores adotaram o modelo e sugeriram algumas adaptações. Grossman (1990) é a autora que melhor sistematizou a sua proposta, afirmando que, primordialmente, a concepção do professor a respeito dos propósitos para ensinar um conteúdo específico envolve os demais constituintes do PCK, a saber: os conhecimentos da compreensão dos estudantes, os conhecimentos do currículo e os conhecimentos das estratégias instrucionais (GROSSMAN, 1990; CASTRO *et al.*, 2013). Assim, para Grossman (1990), o PCK ocupa uma posição central entre os conhecimentos dos professores, sendo influenciado e influenciando os demais conhecimentos necessários à docência. É o que esquematiza a figura 3 a seguir.

Figura 3 – Centralização do PCK.



Fonte: Goes (2014, p. 79).

A partir disso, abordam-se as trajetórias na especialização de modelos e tipologias do conhecimento de professores por disciplinas. Conforme já adiantado, inicialmente, o modelo foi proposto para a disciplina de Matemática, com o Modelo do Conhecimento Matemático para o Ensino (BALL *et al.*, 2008) e o Conhecimento Especializado de Professores de Matemática (MTSK) (CARRILLO *et al.*, 2014). Com o tempo, os estudos acerca dos conhecimentos de professores foram aprimorados e adaptados para as demais disciplinas das Ciências, de acordo com a natureza de cada uma. Assim, os significados de cada subdomínio do MTSK foram adequados à Física, com o modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Física (PTSK) (LIMA, 2018), à Química, com o modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK) (SOARES, 2019), e à Biologia, com o modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia (BTSK) (LUÍS, 2019; LUÍS; CARRILLO, 2020).

Nas figuras 4 e 5, pode-se observar o modelo hexagonal dividido em dois domínios. No lado esquerdo, encontram-se os conhecimentos químicos – chamados de

“Conhecimentos da Química” (CK)⁷; tais conhecimentos estão subdivididos em três subdomínios: o Conhecimento dos Tópicos de Química (KoTC)⁸; o Conhecimento da Estrutura da Química (KSC)⁹; e o Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química (KDRC)¹⁰. No lado direito, é apresentado o domínio dos Conhecimentos Didáticos do Conteúdo (PCK)¹¹, também subdividido em três subdomínios: Conhecimento do Ensino de Química (KCT)¹²; Conhecimento das Características de Aprendizagem de Química (KFLC)¹³ e Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)¹⁴.

A figura 4 apresenta os dois modelos de Conhecimentos Especializados de Professores – o primeiro é o modelo MTSK (CARRILLO *et al.*, 2014) e o segundo é o modelo CTSK, transposto e adaptado para a disciplina de Química (SOARES; LIMA; CARBO, 2020). O modelo dos conhecimentos especializados de professores de Química é dividido em três partes, partindo da descrição dos domínios e subdomínios do CTSK, diretamente de transposição do MTSK, com adequações. Na sequência, na figura 5, descreve-se cada categoria do subdomínio dos Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC) para o CTSK, a partir da linha de desenvolvimento adotada por Soares, Lima e Carbo (2020).

⁷ Sigla em inglês para “*Chemistry Knowledge*”.

⁸ Sigla em inglês para “*Knowledge of Topics of Chemistry*”.

⁹ Sigla em inglês para “*Knowledge of the Structure of Chemistry*”.

¹⁰ Sigla em inglês para “*Knowledge of Research and Development of Chemistry*”.

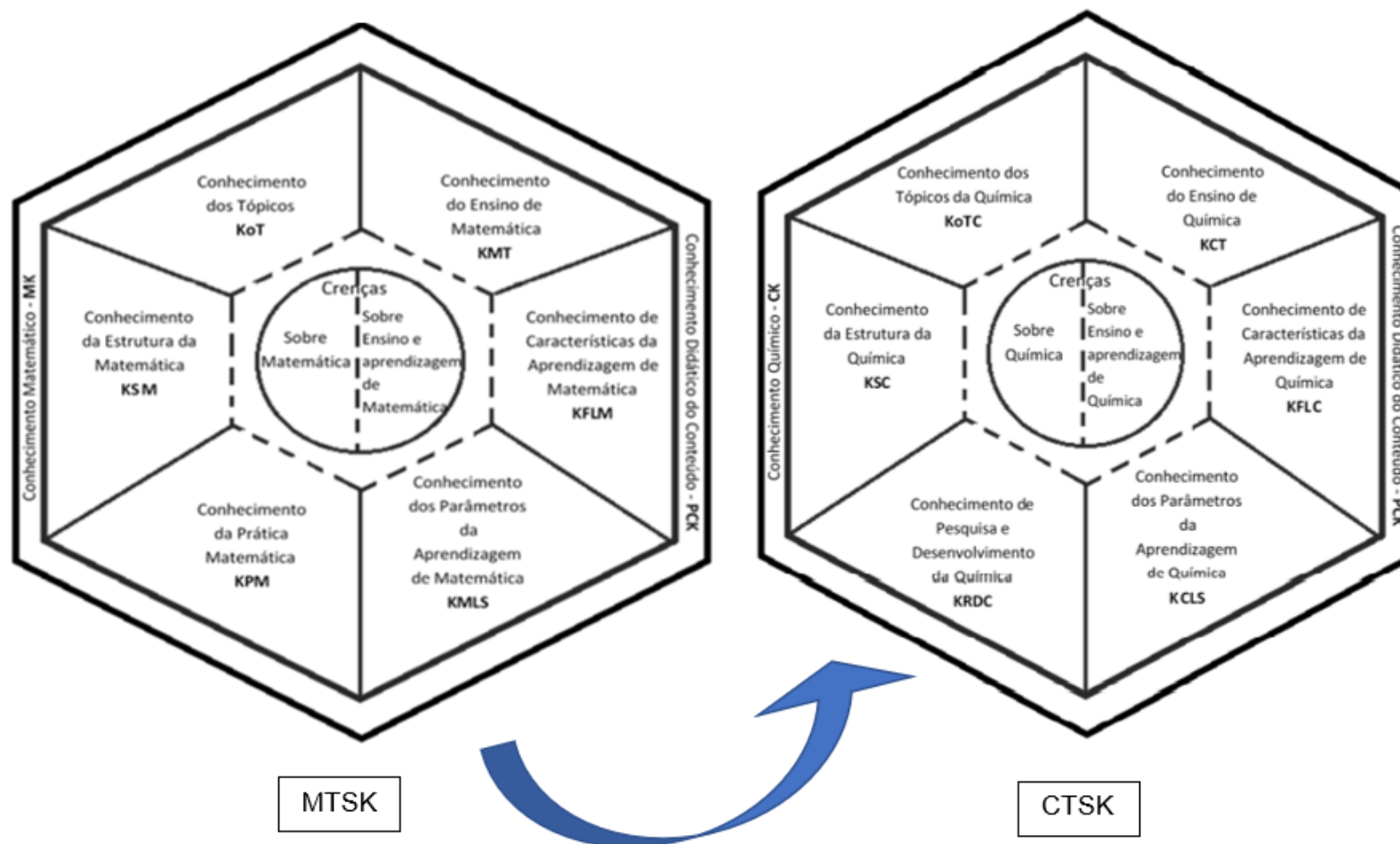
¹¹ Sigla em inglês para “*Pedagogical Content Knowledge*”.

¹² Sigla em inglês para “*Knowledge of Chemistry Teaching*”.

¹³ Sigla em inglês para “*Knowledge of Features of Learning Chemistry*”.

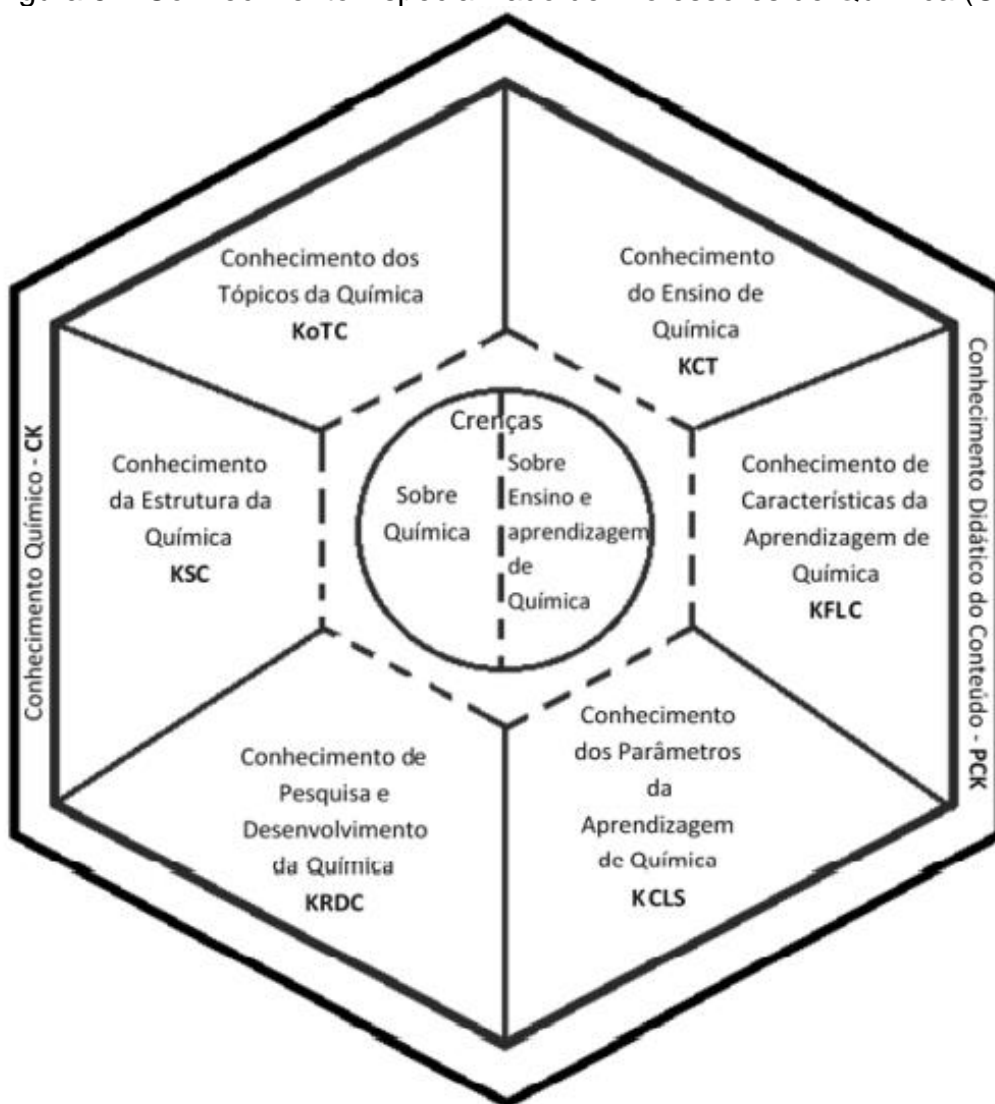
¹⁴ Sigla em inglês para “*Knowledge of Chemistry Learning Standards*”.

Figura 4 – MTSK (CARRILLO *et al.*, 2014) e CTSK (SOARES, 2019).



Fonte: Soares (2019).

Figura 5 – Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK).



Fonte: Soares, Lima e Carbo (2020).

O modelo exposto no lado esquerdo, denominado de “**Conhecimento Químico**” (CK), integra os conjuntos de conhecimentos químicos referentes à Ciência Química e aos seus diversos ramos (Geral, Físico-Química, Analítica, Orgânica, Bioquímica, Inorgânica, Ambiental). Tais conhecimentos permitem ao profissional distinguir os saberes adequados ao processo de ensino e aprendizagem sobre um determinado conteúdo. Do lado direito, denominado de “**Conhecimento Didático do Conteúdo**”, encontram-se os conjuntos de conhecimentos didáticos referentes aos questionamentos “como?”, “pra quê?”, “para quem?” e “por que ensinar?”. O conjunto CK engloba três subdomínios: **Conhecimento dos Tópicos da Química** (KoTC); **Conhecimento da Estrutura da Química** (KSC); e **Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química** (KRDC).

No lado direito do modelo hexagonal, observa-se o conjunto de **Conhecimento**

Didático do Conteúdo (PCK), dividido também em três outros subdomínios: **Conhecimento do Ensino de Química**¹⁵ (KCT); **Conhecimento das Características de Aprendizagem da Química** (KFLC); e **Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Química** (KCLS).

A propósito do conjunto CK, Soares (2019) afirma que o subdomínio dos **Conhecimentos dos Tópicos de Química** (KoTC) relaciona-se ao conjunto de teorias, conceitos, definições, representações, fenomenologia e aplicações dos conteúdos químicos. Com base na especificidade da Química, são descritas somente as categorias do KoTC. As outras categorias dos demais subdomínios ainda estão em fase de adequações.

Por sua vez, o subdomínio do **Conhecimento da Estrutura da Química** (KSC) vincula-se às estruturas e às conexões internas da Química, aproximando diferentes conceitos da área. O KSC abrange ainda relações entre os conhecimentos construídos e ensinados – sejam por diferenças em níveis de avanço (quando há entrelaçamentos de conhecimentos prévios), pelo desenvolvimento de um novo conteúdo ou quando há simplificações de determinados assuntos.

O subdomínio do **Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química** (KDRC) está associado aos conhecimentos referentes ao desenvolvimento investigativo da Química. O objetivo é construir novos conhecimentos referentes à Química pura. Dessa maneira, o subdomínio integra os conhecimentos relativos a deduções químicas; ao desenvolvimento de metodologias teóricas e experimentais relativas à Química pura; à pesquisa investigativa e, conseqüentemente, ao desenvolvimento argumentativo com exemplos e contraexemplos, sejam eles teóricos e/ou experimentais; ao levantamento de hipóteses; e ao desenvolvimento de processos. Os conhecimentos relativos ao KDRC podem ser mobilizados durante as aulas teóricas e/ou práticas (experimentais).

Ao trabalhar com os **Conhecimentos Didáticos de Conteúdo** (PCK) e seus subdomínios, o **Conhecimento do Ensino de Química** (KCT) visa às estratégias de ensino, adotando, para isso, recursos e/ou materiais e associando o conhecimento do professor à potencialidade de determinada atividade no processo de ensino do conteúdo.

Por sua vez, o **Conhecimento das Características de Aprendizagem da Química**

¹⁵ Ao longo do trabalho, utilizou-se o negrito para chamar a atenção do leitor para os domínios e subdomínios do modelo teórico-analítico CTSK.

(KFLC) refere-se ao processo de assimilação, aos erros e às dificuldades, tornando o conteúdo químico o objeto de aprendizagem – e não o aluno. É necessário considerar as relações entre os alunos e os objetos, independentemente das particularidades de cada turma. Além disso, o KFLC considera as maneiras pelas quais os estudantes aprendem conteúdos de Química, tendo em vista os interesses e as motivações para aprender os conhecimentos da Química.

Por fim, o **Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)** está vinculado aos parâmetros curriculares, às sequências didáticas de conteúdos, às expectativas do profissional docente em relação a uma determinada aprendizagem e à meta quanto ao desenvolvimento de determinado conteúdo químico em um dado nível escolar. Os quadros a seguir (quadros 1 e 2) resumem os conhecimentos especializados de professores de Química.

Quadro 1 – Domínios e subdomínios do CTSK para o domínio CK.

Domínio	Subdomínios		Conhecimento relacionado a...
	Siglas	Nomenclaturas	
CK (Conhecimento Químico)	KoTC	Conhecimento dos Tópicos	...teorias, conceitos, definições, representações, fenomenologia e aplicações, todos próprios dos conteúdos químicos.
	KSC	Conhecimento da Estrutura da Química	...estrutura da Química e suas conexões no contexto da própria disciplina, vinculando diferentes conceitos. Abrange a relação dos conhecimentos transmitidos e os que serão ensinados. Em diferentes ocasiões, podem ocorrer estas conexões: por diferença em níveis de avanço – por exemplo, quando há uma conexão de conhecimento devido a uma construção ou ao desenvolvimento de um novo conteúdo; para simplificar determinado conteúdo para ensinar; quando há conexão conforme a natureza, processo ou mesmo característica em comum no contexto da disciplina de Química; e quando determinado conhecimento pode ser utilizado para auxiliar a compreensão de um novo conhecimento.
	KDRC	Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química	...conhecimentos relativos ao desenvolvimento da Química, a deduções químicas, argumentação com exemplos e contraexemplos.

Fonte: Adaptado de Soares (2019).

Quadro 2 – Domínios e subdomínios do CTSK para o domínio PCK.

Domínio	Subdomínios		Conhecimento relacionado a...
	Siglas	Nomenclaturas	
PCK (Conhecimento Didático do Conteúdo)	KTC	Conhecimento do Ensino de Química	...estratégias de ensino, como apresentar determinado conteúdo químico, incluindo recursos materiais ou digitais. Engloba o conhecimento do professor por meio da potencialidade de determinada atividade de desencadear o processo de aprendizagem.
	KFLC	Conhecimento das Características de Aprendizagem da Química	...processo de assimilação, erros e dificuldades, de modo a que o conteúdo químico seja o objeto de aprendizagem, e não o aluno. Faz-se necessário considerar a relação aluno-objeto, independentemente da particularidade de cada estudante. Este subdomínio considera a forma como um aluno aprende conteúdos de Química, quais são os seus interesses e as expectativas quanto a determinada área da Química, o que pode ser considerado um elemento facilitador ou imobilizador do conhecimento da disciplina.
	KCLS	Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Química	...parâmetros curriculares, sequência dos conteúdos, expectativa do professor com relação a determinada aprendizagem e meta quanto ao desenvolvimento de determinado conteúdo químico em um nível escolar determinado.

Fonte: Adaptado de Soares (2019).

A seguir, nos quadros 3 e 4, são apresentados exemplos de conhecimentos especializados dos professores de Química, identificados e categorizados em artigos relacionados ao ensino de Termoquímica, encontrados em uma busca na ferramenta *Google Scholar*. Trata-se dos trabalhos de Mortimer e Amaral (1998) e Barros (2009). O intuito é o de melhor elucidar o leitor, familiarizando-o com os conceitos e os dados obtidos na observação não participante, realizada nas aulas dos professores e nas entrevistas semiestruturadas.

Quadro 3 – Exemplos de conhecimentos especializados de professores de Química.

Domínio	Subdomínios		Exemplos
	Siglas	Observações	
CK (Conhecimento Químico)	KoTC (Conhecimento dos Tópicos)	Consiste na definição de “calor” a partir da temperatura.	“O calor é [...] diretamente proporcional à diferença de temperatura entre os dois sistemas entre os quais está havendo a transferência de calor, e não à temperatura de qualquer dos sistemas.” (MORTIMER; AMARAL; 1998, p. 31).
	KSC (Conhecimento da Estrutura da Química)	Consiste em conceitos já mobilizados pelo professor de Química em outros momentos no decorrer do Ensino Médio.	“O estudo, no Ensino Médio, das transformações envolvidas nesses processos, normalmente sob o nome de Termoquímica, envolve o uso de alguns conceitos — energia, calor, temperatura — que já estamos acostumados a usar no nosso dia-a-dia.” (MORTIMER; AMARAL. 1998, p. 30).
	KDRC (Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química)	Argumentação com exemplo e contraexemplo do cálculo de calor específico em um experimento.	“Esse dado normalmente contraria a expectativa dos alunos de que a uma temperatura maior corresponde maior quantidade de calor.” (MORTIMER; AMARAL, 1998, p. 33).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 4 – Domínios e subdomínios do CTSK para o domínio PCK.

Domínio	Subdomínios		Exemplos
	Siglas	Observações	
PCK (Conhecimento Didático do Conteúdo)	KTC (Conhecimento do Ensino de Química)	Consiste em uma estratégia de ensino de reação Termoquímica, a partir da quantidade de matéria (mol).	“Deve ser lembrado que o número de partículas envolvidas, mesmo em um sistema minúsculo, é extremamente elevado – em apenas 2 colheres (de sopa) de água, há cerca de $6,02 \times 10^{23}$ moléculas!” (BARROS, 2009, p. 244).
	KFLC (Conhecimento das Características de Aprendizagem da Química)	Consiste no processo de assimilação sobre calor e temperatura, a partir de situações cotidianas vivenciadas pelos alunos.	“Consideramos inviável querer extinguir as concepções cotidianas dos alunos sobre calor e temperatura, enraizadas que estão na linguagem cotidiana, dada a existência de um grande número de situações a que essas concepções são aplicadas com sucesso.” (MORTIMER; AMARAL, 1998, p. 31).
	KCLS	Consiste na meta quanto ao desenvolvimento do conteúdo de Termoquímica para os alunos.	“[...] maioria da vezes o professor trabalha conceitos mais avançados como calor de reação, lei de Hess etc., sem uma revisão dos conceitos mais básicos. O resultado, muitas vezes, é um amálgama indiferenciado de conceitos científicos e cotidianos, sem que o aluno consiga perceber claramente os limites e contextos de aplicação de um e de outro.” (MORTIMER; AMARAL, 1998, p. 31).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

2.3 O ensino de Termoquímica

Um dos maiores desafios da atualidade em relação ao ensino da Termodinâmica, especialmente naquilo que se refere às conexões da Ciência e tecnologia, são as relações energéticas, isto é, os processos endotérmicos e exotérmicos das reações químicas. Uma ideia-chave nos estudos termodinâmicos é a de que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada.

De modo geral, existe uma variedade de mecanismos que estudam as conversões energéticas. Os processos de conversão de energia química em calor têm um papel fundamental no funcionamento de diversos dispositivos e sistemas e até em seres vivos. Exemplos disso são a respiração celular, a fotossíntese e as combustões nos motores de automóveis a partir de combustíveis, sejam eles renováveis ou não (SOUZA, 2014; HERNANDES, 2018). Sendo assim, os estudos e entendimentos dos processos de conversão de energia são vistos como um ramo importante da Físico-Química. Os objetivos da área abrangem o estudo das relações entre energia elétrica e transformações químicas (SANTOS; MACHADO; PORTUGAL, 2016). Portanto, a Termoquímica é a área da Química que estuda a relação de calor nas reações químicas (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

O calor está relacionado à energia térmica, às trocas energéticas. Historicamente, o conceito é estudado a partir da teoria do flogisto, segundo a qual o calor pode ser entendido como uma substância combustível, liberada durante a queima. Mais tarde, com a lei da conservação das massas, de Lavoisier, o calor passa a ser entendido como uma reação com o oxigênio (comburente). Trata-se, assim, de uma grandeza física que se apresenta sob diversas formas e em diversos processos de transição de estado físico (calor latente), podendo ser absorvido ou liberado, alterando a temperatura do sistema, mesmo que o *quantum* energético se mantenha constante (calor sensível) (VELOSO; SANTOS; KALHIL, 2015, tradução nossa).

Já a temperatura é uma grandeza que está relacionada às aferições de calor, ou seja, ao grau de agitação ou à energia cinética das moléculas de uma determinada quantidade de matéria. Quanto maior o nível de agitação das moléculas (ou ainda, quanto maior a entropia molecular – ou simplesmente “ ΔS ”), maior será a temperatura delas, conforme a relação de Maxwell estabelecida na primeira e segunda leis da termodinâmica (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

Figura 6 – Leis da Termodinâmica.

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(P.V)$$

$$\Delta G = \Delta H - T.\Delta S$$

Fonte: Adaptado de Brown, Lemay e Bursten (2005).

De acordo com as leis da Termodinâmica (figura 6), ΔG representa a energia livre de Gibbs (ou espontaneidade do processo termodinâmico), que pode ser representada a partir da subtração da entalpia (ou ΔH) – que, sobre pressões constantes, pode ser entendida como calor – pelo produto entre a temperatura (T) e entropia (ΔS). Caso esse valor numérico seja positivo, o processo não ocorre naturalmente, ou seja, é não espontâneo. Entretanto, se tiver valor negativo, o processo ocorre naturalmente – diz-se, portanto, que é espontâneo. Por fim, caso o valor seja zero, considera-se que o processo está em equilíbrio químico (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

Outro conceito importante da termodinâmica é o de “entalpia”. Tal conceito pode ser entendido como uma variação de energia interna das partículas (ΔU) – ou a energia relacionada à soma de todas as formas de energia que um sistema apresenta (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005) – somada ao produto do volume e da pressão, ou a razão entre força e área (HALLIDAY; RESNICK, WALKER, 2009) desse sistema ($\Delta(P.V)$). Para calcular a energia interna das partículas (ΔU), é necessário executar a soma (para expansão) ou a subtração (para contração) entre o calor (ΔQ) – ou a multiplicação entre a massa da matéria, calor específico dessa matéria e a variação de temperatura e o trabalho. Alternativamente, tem-se a multiplicação entre a força, o deslocamento e o cosseno do ângulo entre as espécies envolvidas – (ΔW).

Por um lado, o entendimento desses conceitos e operações é fundamental para trabalhar todas as outras variáveis termodinâmicas. Por outro lado, não é necessário dominar o conteúdo químico para viver bem em sociedade e manusear os dispositivos que resultam de transformações endotérmicas (as que absorvem energia) e exotérmicas (as que liberam energia), tampouco é necessário compreender as minúcias e os formalismos de Maxwell no contexto das leis da Termodinâmica. Em relação aos conceitos abordados anteriormente, os alunos, muitas vezes, confundem os conceitos científicos com os saberes cotidianos. Isso faz com que eles tenham dificuldades na compreensão dos limites, dos contextos e das aplicações dos saberes da Química. Conforme destaca

Hernandes (2018):

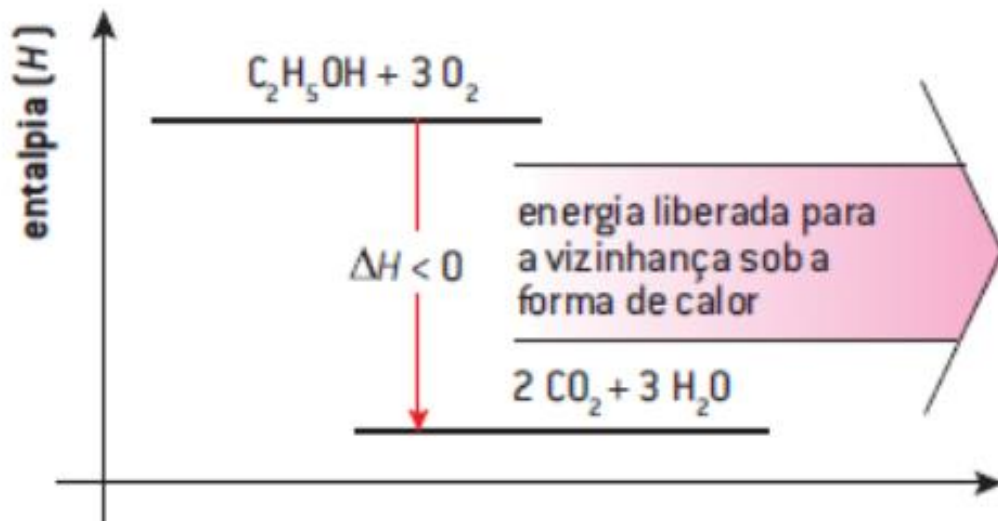
Parece que, como professores de Ciências, devemos estar conscientes das dificuldades associadas à diferenciação entre energia, temperatura e calor e à consequente necessidade de ensinar Termoquímica efetivamente para facilitar a compreensão conceitual. Por isso, devemos rever e reconsiderar os conceitos que devem ser adaptados em todas as atividades, intencionando uma aprendizagem profunda, mudando a ideia de avaliar só a compreensão superficial e a memorização, mas a capacidade dos alunos para analisar, resumir, resolver problemas e tomar decisões. Para isso, é crucial fornecer ao aprendiz os meios necessários para alcançar tal objetivo. (HERNANDES, 2018, p. 41).

Considerando o ensino e a aprendizagem de Termoquímica e a necessidade de ressignificar esses conceitos, entende-se que a profissão docente é indispensável para a formação dos estudantes. Os conhecimentos químicos estão presentes em diversas tecnologias que utilizamos ou das quais nos beneficiamos. A Química não está presente apenas em laboratórios de pesquisa, desconectada no nosso cotidiano e das nossas vivências. Conforme destacam Mortimer e Amaral (1998),

Isso tem sido causa de dificuldades no ensino de Química, pois na maioria das vezes o professor trabalha conceitos mais avançados como calor de reação, lei de Hess etc., sem uma revisão dos conceitos mais básicos. O resultado, muitas vezes, é um amálgama indiferenciado de conceitos científicos e cotidianos, sem que o aluno consiga perceber claramente os limites e contextos de aplicação de um e de outro. (MORTIMER; AMARAL, 1998, p. 30).

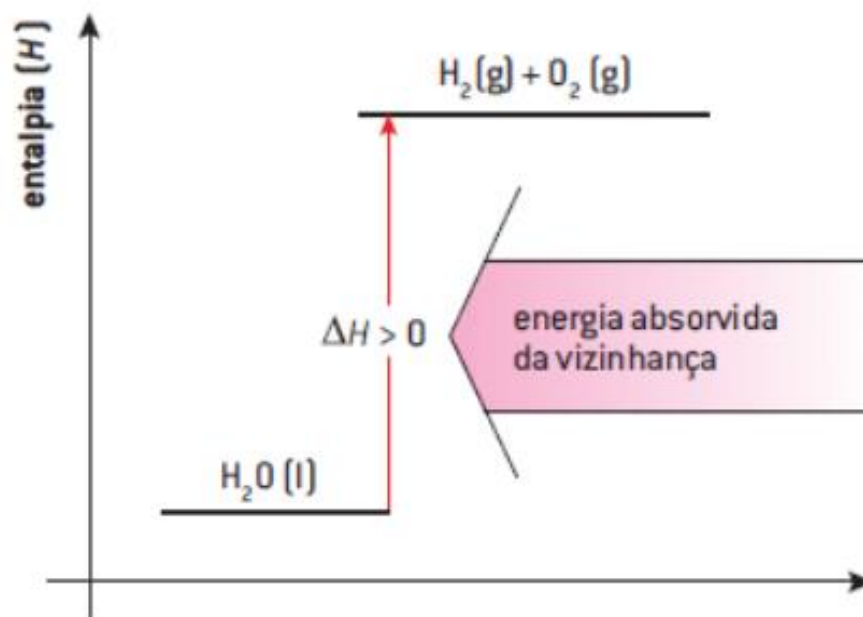
Depois dessas explicações sobre os principais conceitos da termodinâmica, é importante compreender a variação de entalpia envolvida nas transformações químicas, em reações exotérmicas e endotérmicas. Em transformações químicas da matéria, se a quantidade de calor liberada pelos produtos da reação é maior do que o pacote de calor absorvido pelos reagentes, a reação é classificada como uma “reação exotérmica”. Quando o calor absorvido pelos reagentes é maior do que o dos produtos, tem-se uma “reação endotérmica” (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005). Portanto, as reações endotérmicas são aquelas que absorvem calor, ou que apresentam variação de entalpia positiva, enquanto as exotérmicas são aquelas que liberam calor ou que apresentam variação de entalpia negativa. A seguir, são apresentadas as figuras 7 e 8, que esquematizam essas informações.

Figura 7 – Diagrama representacional da combustão do etanol em termos de variação de entalpia (reação exotérmica).



Fonte: Mortimer e Machado (2013, p. 83).

Figura 8 – Diagrama representacional da decomposição da água em termos de variação de entalpia (reação endotérmica).



Fonte: Mortimer e Machado (2013, p. 83).

Os conceitos relacionados à Termoquímica permitem calcular as variações de energia – ou seja, a entalpia – envolvida nas reações químicas. Inicialmente, considera-se o conceito de “entalpia-padrão de formação”, representada pelo símbolo “ ΔH_f° ”. Em seguida, consideram-se as variações de entalpia envolvidas em uma transformação química para a formação de $6,023 \times 10^{23}$ espécies de uma determinada substância – ou

seja, de um mol, no caso de substâncias simples constituídas por apenas um único tipo de átomo (ou um único elemento químico) –, na forma alotrópica mais estável, nas condições padrão de temperatura e pressão (OLIVEIRA, 2017; STÄHLER, 2017). A partir desses valores, é possível calcular teoricamente a variação de entalpia para diversas transformações. Esse conceito de “entalpia-padrão de formação” é a base para a lei de Hess, que afirma que a variação de entalpia envolvida numa reação química, sob condições experimentais de temperatura e de pressão controladas, depende exclusivamente da entalpia inicial dos reagentes e da entalpia final dos produtos, independentemente de a reação química ser processada em uma única etapa ou em etapas sucessivas. (OLIVEIRA, 2017).

Ao que ensinar Termoquímica, os professores devem lidar com os conhecimentos macro e microscópicos para ensinar as equações químicas, os sinais, os gráficos, a linguagem da matemática, os *quanta* de energia e as suas interpretações. É importante desenvolver atividades que abordem as relações energéticas envolvidas no rearranjo atômico (formação e rompimento de ligações químicas), de modo a que os alunos entendam o porquê de o processo ser classificado como endotérmico ou exotérmico, analisando o saldo energético final, relacionando-o com o universo macroscópico – ou seja, com o aquecimento ou esfriamento na vizinhança das espécies em transformação. Para isso, defende-se o uso de diferentes modelos e tipologias de ensino, o que remete à relevância dos conhecimentos especializados dos professores de Química para o ensino de Termoquímica. (MORTIMER, AMARAL, 1998; HERNANDES, 2018)

Ao relacionar esse conteúdo com a área de ensino, pretende-se que os alunos e as alunas se tornem cidadãos cientificamente críticos e aptos a viver em sociedade. Portanto, defende-se que a alfabetização científica desses estudantes é um dos vários papéis do professor de Ciências. Seria ideal que crianças e adolescentes, além de manusearem um aparelho celular ou *tablet*, estivessem aptos a discutir os processos de oxirredução e preparados para as mudanças na sociedade, especificamente no que se refere às mudanças energéticas (CHASSOT, 2014).

Na sua Competência Específica de número 1, em relação às Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química), a BNCC preconiza que o aluno deve saber: “*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” (BRASIL, 2017, p. 540). De acordo com tal competência específica, as relações entre matéria e energia podem ser analisadas por meio dos fenômenos naturais e de processos tecnológicos, possibilitando, a avaliação de potencialidades, de limites e de riscos no uso de materiais e/ou tecnologias diferentes, o que permite tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios do mundo contemporâneo. Nesse contexto, o professor pode mobilizar estudos referentes à estrutura da matéria, às transformações químicas, às leis ponderais, ao cálculo estequiométrico, aos princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento, ao ciclo da água, à cinética e ao equilíbrio químico, à fusão e à fissão nucleares, ao espectro eletromagnético, aos efeitos biológicos das radiações ionizantes, à mutação, à poluição, aos ciclos biogeoquímicos, ao desmatamento, à camada de ozônio, ao efeito estufa e às leis da Termodinâmica, entre outras possibilidades (BRASIL, 2017; PEREIRA, 2019). Para que o professor desenvolva esse trabalho, é importante compreender os conhecimentos especializados (conteúdos e didáticos) de professores de Química, uma vez que não são nas aulas de História e Filosofia da Ciência, no Ensino Superior, que se formam cidadãos cientificamente aptos a discutir os fenômenos naturais dessa área, mas, sim, na construção de conhecimentos durante as aulas de Ensino Médio (CHASSOT, 2014).

No contexto da disciplina de Química, sabe-se que o conteúdo de Termoquímica é tachado como um dos mais difíceis – tanto da perspectiva do ensino quanto da aprendizagem. Isso se deve à transição entre os universos microscópico e macroscópico e às relações com as disciplinas de Física (Termodinâmica, Termologia, dilatação dos materiais e estudo dos gases) e de Matemática (funções afins, logaritmos, equações do primeiro e segundo grau, expoentes etc.) (SOUZA, 2014). Embora sejam comumente relatadas tais dificuldades, existem boas estratégias de ensino propostas em dissertações de Mestrado e teses de Doutorado que podem fazer a diferença. Entre tais estratégias, podemos citar a experimentação (citada pela quase unanimidade dos trabalhos), as situações-problemas, os jogos didáticos, as oficinas temáticas, os modelos e as analogias (FREIRE; FERNANDEZ, 2014).

Em relação a artigos científicos sobre a Termodinâmica, foi realizada uma pesquisa nos resumos expandidos publicados na revista *Química Nova na Escola* (QNEsc), entre os anos de 2015 e 2020. Vale ressaltar que a escolha da QNEsc deveu-se à sua relevância para a área de ensino de Química. De fato, trata-se de uma revista que é bastante popular entre os professores da disciplina. Nessa busca, foram encontrados 22 trabalhos. Desses,

apenas cinco foram considerados para análise, uma vez que os demais pouco ou nada trabalhavam o conteúdo em questão. Desses artigos analisados, destacam-se: a relação com os discursos sociais, a experimentação propriamente dita (SILVA; MACHADO; TUNES, 2011) e as atividades lúdicas. Os principais dados desses trabalhos são apresentados no quadro 5.

Quadro 5 – Trabalhos publicados na revista *Química Nova na Escola* (QNEsc) acerca do ensino de Termoquímica entre os anos de 2014 a 2020.

Título do trabalho	Autor(es)	Volume da revista, número, páginas e ano	Estratégias utilizadas
“Quente e frio: sobre a educação escolar Quilombola e o ensino de Química”	SANTOS, M. A.; CAMARGO, M. J. R.; BENITE, A. M. C.	Vol. 43, n. 3, p. 269-280, 2020	Pesquisa participante, entrevista semiestruturada, análise crítica e realização das intervenções pedagógicas
“Jogo Pedagógico para o ensino de Termoquímica em turmas de Educação de Jovens e Adultos”	LEITE, M. A. S.; SOARES, M. H. F. B.; .	Vol. 43, n. 3, p. 227-236, 2020	Jogo pedagógico na Educação de Jovens e Adultos (EJA), pesquisa-ação, estudo de caso e contextualização dos conceitos de “calor”, “temperatura” e “entalpia”
“Representações Sociais da Química: como um grupo de estudantes da educação de jovens e adultos significa o termo ‘Química’?”	PEREIRA, C. S.; REZENDE, D. B.	Vol. 38, n. 4, p. 369-374, 2016	Teoria das Representações Sociais de Serge Moscovici, questionário aberto, estudo de caso e significado de “Termoquímica”
“A vivência formativa de uma estudante do Ensino Médio no ambiente universitário: olhares para a Química e a pesquisa científica”	ANDRIGHETTO, R.; CARDOSO, C. R.; LUCHESE, T. C.	Vol. 41, n. 3, p. 286-299, 2019	Diálogos e questionários iniciais, experimentação investigativa e questionários finais
“Representações Sociais de calor por estudantes de graduação em Química”	CASTRO, P. M. A; FERREIRA, L. N. A.	Vol. 37, n. especial 1, p. 26-34, 2015	Teoria das Representações Sociais, Técnica de Associação Livre de Palavras (Talp) e processamento por <i>software</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Uma análise do quadro 5 revela como a Termoquímica é abordada no recorte temporal considerado. Dois trabalhos abordam as representações sociais de calor e de temperatura e a etimologia da palavra “Termoquímica” – conceitos que discutimos no decorrer deste subtópico da dissertação. Em relação às palavras-chave dos trabalhos apresentados, percebe-se que dois relacionam o ensino de Química à Educação de Jovens e Adultos (EJA), que também apontamos como um dos desafios para o ensino da disciplina no subtópico 2.1 (*Realidades do ensino de Química*). Portanto, reconhece-se que o ensino do assunto em questão é caracterizado por dificuldades. Trata-se de um tópico relacionado a muitos outros, para o qual o tempo disponível – cerca de 20 aulas por bimestre – mostra-se exíguo (FERNANDEZ, 2018).

Sem dúvida, é necessário diversificar as estratégias de ensino, por meio de modelos, analogias, exercícios, seminários, projetos construídos pelos alunos e atividades experimentais. A partir do quadro 5, pode-se observar maior foco dos trabalhos na aprendizagem e no aluno. Isso aponta para a necessidade de aplicar o modelo teórico CTSK (SOARES; LIMA; CARBO, 2020) à área de Termoquímica. É a proposta deste estudo. Pretende-se, ao final, obter informações a respeito de quais conhecimentos especializados são mobilizados por professores de Química para ensinar o tópico em questão – isto é, pretende-se desvelar as relações entre os conhecimentos químicos e os conhecimentos didáticos do conteúdo, dando um enfoque maior ao professor da disciplina.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Contexto e participantes da pesquisa

Esta pesquisa é de natureza aplicada e tem dois objetivos: um exploratório, uma vez que a temática em questão (CTSK) é recente na área de ensino e carece de discussões para uma maior familiarização de todos; e um descritivo, devido às observações, aos registros, às análises e às correlações entre fatos ou fenômenos (GIL, 2002). Já a abordagem metodológica pode ser classificada como qualitativa, uma vez que a pesquisa contempla três dos cinco critérios necessários para tal classificação: 1) a investigação é qualitativa e descritiva; 2) é dada ênfase aos processos de formação do conjunto de conhecimentos especializados de professores de Química; e 3) a análise de dados é realizada de forma indutiva (BOGDAN; BIKLEN, 2003).

Em relação aos procedimentos metodológicos, adotaram-se as seguintes estratégias: pesquisa bibliográfica, realizada por meio do levantamento de referências teóricas já analisadas acerca da transposição e da adaptação do MTSK para o CTSK; estudo de caso, uma vez que esta técnica é conduzida nos limites de tempo e espaço, tornando-se o estudo de uma singularidade ao abordar aspectos interessantes de uma atividade educacional, programa, instituição ou sistema, dentro de contextos naturais, respeitando eticamente as pessoas (ANDRÉ, 2008); e produção de dados por meio de observação não participante de algumas aulas a respeito conteúdo de Termoquímica, ministradas por dois professores de Química na cidade de Cuiabá.

Este estudo foi realizado na cidade de Cuiabá, no estado de Mato Grosso. Os sujeitos da pesquisa foram professores de dois universos escolares: um colégio da rede particular de ensino e uma escola pública estadual. A justificativa para a escolha dessas duas escolas está ligada: **1)** às dificuldades de realizar trabalhos acadêmicos na rede privada – de fato, apenas o colégio em questão abriu as portas para o pesquisador, que já havia trabalhado na instituição durante o ano letivo de 2017; quanto à seleção da escola estadual, a justificativa é semelhante; **2)** a escola pública é o atual local de atuação do pesquisador enquanto professor, o que facilitou o acesso para a realização da pesquisa. Os sujeitos participantes foram dois professores, um do sexo masculino e um do sexo feminino. Eles serão identificados nesta pesquisa, respectivamente, com os nomes

fictícios de “Prof. Carvalho” e de “Prof.^a Magnólia”¹⁶, tendo sido escolhidos a critério do pesquisador, após terem se mostrado à vontade com a ideia de terem um conhecido assistindo às aulas.

O Prof. Carvalho, de 52 anos, tem apenas o curso de Magistério, que foi concluído na década de 1980. Está há aproximadamente 30 anos na docência das disciplinas de Química e de Ciências e tem maior afinidade com as áreas de Química Orgânica e Físico-Química. Já trabalhou nas redes estadual e privada de ensino e, atualmente, está prestes a se aposentar pela rede particular, sendo professor dos 9.º anos do Ensino Fundamental, do 1.º, 2.º e 3.º anos do Ensino Médio e de cursinhos preparatórios para o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Já tentou duas ou três vezes graduar-se na licenciatura em Química ofertada pela UFMT, *campus* Cuiabá, mas acabou desistindo das disciplinas, uma vez que cumpre uma carga horária extensa na escola onde trabalha.

Já a Prof.^a Magnólia concluiu o curso de Licenciatura em Química no ano de 2014, pela UFMT. Tem 30 anos de idade e cinco anos de experiência docente. Atualmente, é professora efetiva na rede estadual de ensino e leciona também na rede privada para turmas de Ensino Médio, em ambos os universos escolares. Tem maior afinidade com as áreas de Química Geral e Inorgânica. Além da graduação, a professora tem especialização em Educação Especial pela Faculdade de Educação de Tangará da Serra (UniSerra) e pretende continuar os estudos na pós-graduação em nível de Mestrado. Na rede estadual, já trabalhou, em 2017, como professora supervisora do Pibid.

3.2 Produção dos dados

A produção de dados foi realizada por meio da observação não participante das aulas dos dois professores para uma turma de 2.º ano de Ensino Médio na disciplina de Química. Além disso, houve registros em diário de campo e entrevista semiestruturada (Apêndice A), realizada de forma remota pelo aplicativo de mensagens *WhatsApp*. As observações às aulas do Prof. Carvalho ocorreram na primeira quinzena de março de 2020, após o aval do Comitê de Ética, e se estenderam por duas semanas, uma vez que esse professor lecionava três aulas semanais, de 40 minutos cada, na turma em questão.

¹⁶ Esses nomes fictícios fazem alusão à área de Botânica e às reações energéticas e físico-químicas que ocorrem em plantas – em especial, as angiospermas. A Botânica é uma das áreas de afinidade do autor deste trabalho.

Vale ressaltar que, a partir de 23 de março de 2020, por determinação do Decreto Municipal n.º 7.839/2020, as aulas presenciais foram suspensas em Cuiabá devido à pandemia do novo Coronavírus. Já as observações das aulas da Prof.^a Magnólia foram realizadas de maneira remota (via *Zoom* e *Microsoft Teams*), durante a segunda quinzena do mês de novembro de 2020, também devido às paralizações ocasionadas pela pandemia. A professora disponibilizou um total de três aulas para as observações e dividiu o conteúdo em três partes. Cada aula teve duração média de uma hora. Além disso, foram realizadas reuniões com os participantes da pesquisa para alguns esclarecimentos – com o Prof. Carvalho, a reunião foi presencial e ocorreu em março de 2020; com a Prof.^a Magnólia, foi remota e ocorreu em novembro de 2020.

Ao todo, foram observadas cinco aulas do Prof. Carvalho, nas quais o conteúdo foi distribuído da seguinte forma: aula 1 – introdução à Termoquímica (definições e exemplificações de reações endotérmicas e exotérmicas); aula 2 – conceito de “entalpia” e cálculo de entalpia de reação numa única etapa; aula 3 – lei de Hess (cálculo de entalpia de reação em reações de duas ou mais etapas); aula 4 – cálculo da entalpia de ligação; aula 5 – revisão e fechamento do conteúdo, com o intuito de verificar quais eram os conhecimentos especializados do professor ao ensinar o conteúdo de Termoquímica. Nas três aulas ministradas pela Prof.^a Magnólia e observadas remotamente, os conteúdos foram: aula 1 – introdução à Termoquímica (definições de reações endotérmicas e exotérmicas; definição de “calor” e “entalpia”); aula 2 – lei de Hess (cálculo de entalpia em reações de duas ou mais etapas); aula 3 – entalpia de ligação.

Durante as aulas do Prof. Carvalho, um diário de campo e um gravador de áudio foram utilizados para registro dos dados, das reflexões dos pesquisadores e das decisões durante a condução da pesquisa e para a determinação dos procedimentos de análise do material empírico. Já em se tratando da Prof.^a Magnólia, foram utilizados o diário de campo e as videoaulas da plataforma *Teams*, disponibilizadas pela professora. Nas observações das aulas de ambos os participantes, o diário de campo foi usado para o registro de cópia daquilo que os professores escreviam no quadro, tais como exemplos de reações, equações, exercícios etc.

Após a obtenção dos dados (gravação das aulas presenciais e registro das videoaulas), foi realizada a transcrição das aulas. Em seguida, com base nessas transcrições, procedeu-se a uma caracterização dos conhecimentos, usando, para isso, o modelo teórico CTSK. O objetivo de utilizar o diário de campo na observação das aulas

dos dois professores foi no sentido de fazer anotações que os mesmos realizassem no quadro, tais como exemplos de reações, equações, exercícios, etc. Algumas dessas anotações foram utilizadas no quadro de manifestações dos resultados, para evidenciar e comprovar alguns conhecimentos do CTSK.

Conforme já adiantado, após a observação das aulas, foi ainda realizada uma entrevista semiestruturada (Apêndice A) com os participantes da pesquisa, de forma remota, via *WhatsApp*¹⁷. O objetivo foi o de confirmar alguns aspectos das manifestações registradas durante a observação não participante, com base no modelo teórico CTSK e com foco no que se refere às diferenças entre evidências e indícios durante as aulas ministradas.

Para a organização do banco de dados e, posteriormente, para a caracterização dos conhecimentos, foi adotada a seguinte forma de registro de uma dada manifestação: “Prof_Carvalho/Prof_Magnólia + evidência + aula + linha”. Para uma simplificação dessa forma de registro, optou-se pela codificação de uma sequência alfanumérica, indicando com a letra “E” as evidências e, com a letra “A”, a aula, seguidas pelo número de identificação da aula e pela letra “L”, seguida, por sua vez, pela numeração separada por traço para identificar a linha. A numeração das linhas se deu de forma sequencial, iniciando-se a contagem a cada parágrafo da transcrição.

Em relação às diferenças entre “indícios” e “evidências”, entendeu-se que, quando o episódio por si só comprovava qual(is) conhecimento(s) foram mobilizados pelo professor, tal manifestação poderia classificada como “evidência”. Classificaram-se como “indícios” os dados que por si só não são capazes de comprovar um determinado conhecimento, sugerindo que o sujeito da pesquisa pudesse saber mais do que aquilo que expôs e pudesse vir a transformar a manifestação em evidência de conhecimento (MORIEL JUNIOR; CARRILLO, 2014; FLORES-MENDRANO, 2015; SILVA, 2020).

No que diz respeito ao confronto dos dados coletados nas aulas com a entrevista semiestruturada, optou-se por essa estratégia de produção de dados, uma vez que a entrevista proporciona informações do ponto de vista individual, revelando condições estruturais e sistemas de valores e fornecendo uma representação de um determinado grupo (MINAYO, 1994). Para a identificação das falas entrevistas, foi utilizada a sequência

¹⁷ As entrevistas ocorreram remotamente devido à pandemia do novo Coronavírus. Optou-se pelo *Whatsapp* devido às funcionalidades desse aplicativo, que permitiram que os professores participantes respondessem às questões de forma mais rápida, por áudio. Os áudios posteriormente foram transcritos e analisados neste trabalho.

“Entr_Prof_...L...”, em que “Entr” designa a entrevista, seguida pela identificação do professor participante e pelas linhas, enumeradas a partir da transcrição.

3.3 Análise e interpretação dos dados

A análise dos dados ocorreu de forma indutiva, propondo conclusões gerais a partir de premissas individuais, com base na Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011). Tal ferramenta de análise não consiste em um método rígido, uma vez que nele não são usadas sequências de etapas. Ao discutir a operacionalização do método, uma das tarefas do pesquisador é efetuar recortes dos conteúdos em elementos, separando e classificando-os em categorias.

Quanto a essas categorias, definem-se três modelos para a Análise de Conteúdo: (i) modelo aberto, presente em estudos de caráter exploratório, nos quais as categorias se constroem ao decorrer do processo de análise; (ii) modelo fechado, que é mobilizado quando o próprio pesquisador estabelece previamente as categorias, com base em um modelo teórico, submetendo-o posteriormente à verificação; e (iii) modelo misto, que inicialmente estabelece categorias que poderão (ou não) ser mudadas no decorrer do processo de análise (SILVA, 2020). Para esta pesquisa, foi adotado um instrumento de análise MTSK (MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2019), apresentado no quadro 6. Esse instrumento será utilizado para a apresentação e a discussão dos dados.

Quadro 6 – Instrumento de análise CTSK.

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
[Transcrição de trecho da aula.]	[subdomínio]	[categoria/ indicadores]	[síntese do conhecimento.]

Fonte: Moriel Junior e Alencar (2019).

Quanto às conexões dos subdomínios, as mesmas foram analisadas a partir da leitura e interpretação dos conhecimentos mobilizados durante as aulas. Entretanto, cabe ressaltar que, até a defesa desta dissertação, o modelo teórico CTSK (SOARES, 2019) só tinha definido a categoria dos Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC), diferentemente do modelo MTSK (CARRILO *et al.*, 2014). É o que mostra o quadro 7.

Quadro 7 – Exemplificação de categorização do CTSK.

		Categories	Exemplo na literatura (PERUZZO; CANTO, 2003)	Comentários	
CK	KoTC	Procedimentos	Como fazer?	<p>“A nomenclatura de compostos orgânicos segue as regras elaboradas pela União Internacional de Química Pura e Aplicada. Segundo essas regras, o nome de um composto orgânico é formado unindo três fragmentos: Prefixo + infixo + sufixo.” (p. 255).</p>	<p>Consiste em regras da União Internacional de Química Pura e Aplicada (em inglês, Iupac). Tem o intuito de nomear um composto orgânico por meio da combinação de três fragmentos: prefixo (número de carbonos) + infixo (tipo de ligação química) + sufixo (função orgânica).</p>
			Quando pode ser feito?		<p>Consiste no manejo da nomenclatura orgânica indicada pela Iupac: “prefixo + infixo + sufixo”, utilizando-a quando a substância for classificada como orgânica.</p>
			Por que se faz dessa forma?		<p>Consiste no motivo da utilização da nomenclatura dada às substâncias orgânicas e das regras elaboradas pela Iupac.</p>
			Características do resultado	<p>“Em alguns casos, como o do propeno, não é necessário colocar o número para localizar a insaturação, porque só há uma possibilidade [...]” (p. 256).</p>	<p>Consiste nas características dos resultados da nomenclatura, quando há insaturação (duplas ou triplas ligações), e nas exceções, como o prop-1-eno, devido ao fato de haver só uma possibilidade de localização da insaturação, justamente no carbono 1.</p>
		Definições, propriedades e seus fundamentos	<p>“Elemento químico é o conjunto de átomos que possuem um mesmo número atômico (Z). Todos esses átomos possuem as mesmas propriedades químicas.” (p. 39).</p>	<p>Consiste na definição de “elemento químico” e no conjunto de átomos quimicamente iguais (com mesmo número atômico ou número de prótons).</p>	
		Registros de representações	<p>“Na água líquida ocorre o seguinte processo, conhecido como equilíbrio de autoionização da água: $H_2O(l) \leftrightarrow H^+(aq) + OH^-(aq)$.” (p. 239).</p>	<p>Consiste na representação simbólica do equilíbrio de autoionização da água e na transformação química apresentada a seguir: $H_2O(l) \leftrightarrow H^+(aq) + OH^-(aq)$</p>	
		Fenomenologia e aplicações	<p>“Durante sua pesquisa, que visava melhorar os métodos de controle de qualidade da cerveja, o químico dinamarquês Sorensen criou o conceito de pH [...]. O conceito de pH é muito importante para os químicos e mesmo para os totalmente leigos no assunto. É comum encontrarmos pessoas que, mesmo nunca tendo estudado Química, conseguem cuidar muito bem da água de aquários, piscinas e tanques de piscicultura.” (p. 239-240).</p>	<p>Consiste na aplicação do potencial hidrogeniônico e no equilíbrio químico aplicado em as águas de aquários, piscinas e tanques de piscicultura.</p>	

Fonte: Adaptado de Soares (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, estarão dispostas as análises dos conhecimentos mobilizados pelos professores durante suas práticas. Entretanto, algumas manifestações não foram aqui colocadas, uma vez que as mesmas foram classificadas como indícios, não conseguindo por si só sustentar os conhecimentos especializados do modelo teórico CTSK. Portanto, o nosso foco deu-se nas evidências, conforme trazemos a seguir:

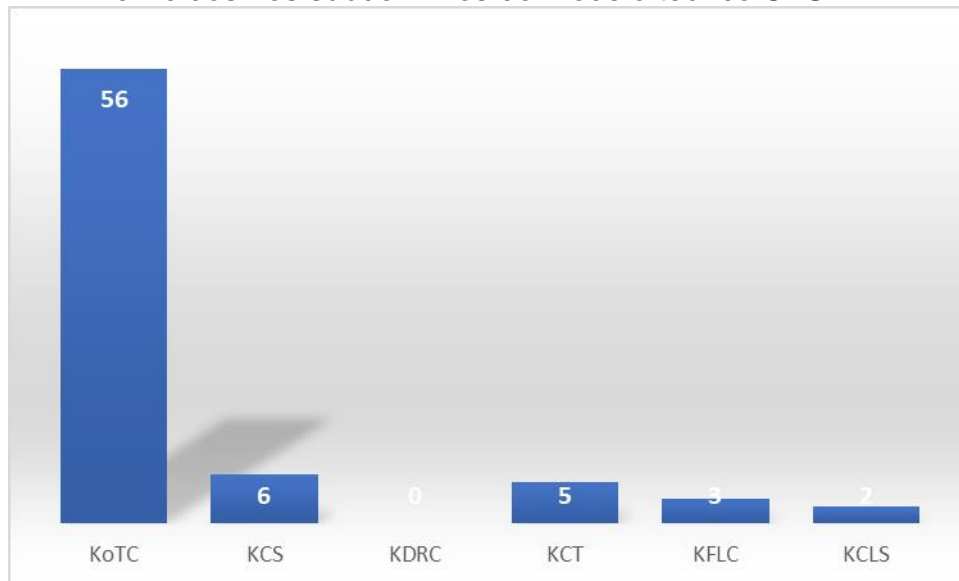
4.1 Conhecimentos Especializados Mobilizados nas aulas do Prof. Carvalho e conexões entre os subdomínios

Neste subtópico, serão apresentadas as discussões a partir da observação não participante de cinco aulas ministradas pelo Prof. Carvalho. A primeira aula do professor teve por objetivo realizar a introdução ao conteúdo de Termoquímica, definindo, de forma gráfica, os conceitos de “reação endotérmica” e “reação exotérmica”. Na segunda aula, foi feita uma caracterização de entalpia e apresentado o cálculo do calor de reação. A terceira e quarta aulas foram ministradas com o intuito de aprofundar os estudos da lei de Hess, com o cálculo de entalpia em reações com duas ou mais etapas. Por fim, a quinta e última aula foi destinada à apresentação do conceito de “entalpia de ligação”. Foi feita uma revisão para o encerramento do conteúdo com os alunos, conforme mencionado no tópico 3.2.

Com os dados obtidos nas observações, foram caracterizados e discutidos 71 conhecimentos especializados das cinco aulas sobre Termoquímica, a partir da identificação e da descrição desses conhecimentos, com base nos domínios e subdomínios do Conhecimento de Química e do Conhecimento Didático do Conteúdo, conforme o modelo do CTSK (SOARES, 2019; SOARES; LIMA; CARBO, 2020). Além disso, procurou-se estabelecer possíveis conexões entre os subdomínios dos conhecimentos especializados, com o intuito identificar necessidades formativas e da prática profissional, mostrando de quais conhecimentos especializados o professor fez uso para ensinar o conteúdo de Termoquímica. As possíveis relações entre os subdomínios pautam-se justamente pelo processo de ensino e aprendizagem, o qual, por sua vez,

ocorre em conformidade com os conhecimentos especializados, durante a construção do conteúdo em sala de aula, associando os **Conhecimentos da Química** (CK¹⁸) – 61 conhecimentos – e os **Conhecimentos Pedagógico do Conteúdo** (PCK¹⁹) – 10 conhecimentos. É o que mostra a figura 7 a seguir.

Figura 9 – Conhecimentos identificados na transcrição das aulas do Prof. Carvalho, divididos nos subdomínios do modelo teórico CTSK.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Com base nos dados da figura 7, observa-se que o Prof. Carvalho quase sempre fez uso dos **Conhecimentos dos Tópicos** (KoTC). Isso pode ser justificado devido à natureza desse subdomínio para com a natureza do Conhecimento Químico, portanto, é natural que este sobressaia-se aos demais. Em relação aos subdomínios dos **Conhecimentos do Ensino de Química** (KCT), dos **Conhecimentos das Características de Aprendizagem da Química** (KFLC) e dos **Conhecimentos dos Parâmetros da Aprendizagem de Química** (KCLS), os conhecimentos identificados e aqui apresentados foram apenas evidências. Conforme já adiantado, para confirmar a classificação das manifestações em questão, realizou-se uma entrevista semiestruturada por meio da plataforma *WhatsApp*. Ora, o Prof. Carvalho está incluído nos chamados “grupos de risco” para a Covid-19, ou seja, apresenta características que o faz ter mais chances de vir a desenvolver

¹⁸ Sigla em inglês para “*Chemistry Knowledge*”.

¹⁹ Sigla em Inglês para “*Pedagogical Content Knowledge*”.

complicações da doença. Por esse motivo, depois do início da pandemia, ele foi afastado da escola. Assim, algumas perguntas não foram respondidas a tempo de confirmar (ou refutar) os indícios, os quais, por isso, não foram apresentados neste trabalho.

A seguir, no quadro 9, são apresentadas as manifestações dos conhecimentos especializados do Prof. Carvalho, a partir das transcrições das aulas observadas durante a primeira quinzena do mês de março de 2020. Todas as falas foram transcritas tal como foram proferidas, inclusive com eventuais marcas da oralidade, não tendo, assim, sido submetidas a correções gramaticais. Por último, vale ressaltar que, devido às repetições do professor e a algumas associações que fogem ao conteúdo abordado, os trechos apresentados como manifestações estão distantes uns dos outros.

Quadro 8 – Análise da aula 1 do Prof. Carvalho (linhas 02 a 07).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Carvalho: E.A1_L02-07: “Pra caminhar com o conteúdo de Termoquímica, é necessário ter em mente alguns conteúdos lá do nosso 1.º ano [...]. Vocês se lembram o que é uma reação endotérmica e exotérmica? [...] [E] das ligações químicas? O que é uma ligação iônica? Uma ligação covalente? Qual ligação é mais forte? Qual ligação é mais fraca? O que é a regra do octeto? E o mol?”	da Estrutura da Química (KSC)	conexões da Química	conceitos da disciplina de Química necessários para a construção de conceitos da Termoquímica.
	dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)	sequência dos conteúdos conforme o nível escolar	conteúdos dispostos na grade curricular do 1.º ano do Ensino Médio, necessários para a construção de conceitos da Termoquímica, tais como os de “ligações químicas” e “estequiometria”.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Nessa manifestação, percebe-se aproximação entre os **Conhecimentos Didáticos do Conteúdo** (PCK), por meio do subdomínio dos **Conhecimentos dos Parâmetros da Aprendizagem de Química** (KCLS) e do **Conteúdo Químico** (CK) e por meio da **Estrutura da Química** (KSC), associada às conexões da Química. Isso reforça o que mencionam Hernandez (2018) e Rezende (2019) ao abordar os conteúdos prévios – ou pré-requisitos – necessários para se ensinar Termoquímica. De acordo com os autores, a Termoquímica é uma área abstrata para os alunos, pois o conteúdo envolve questões energéticas microscópicas que implicam transformações que ocorrem em nível macroscópico. Isso pode gerar obstáculos epistemológicos que devem ser enfrentados

pelo docente. Na manifestação **Prof_Carvalho: E.A1_L38-40**²⁰, o Prof. Carvalho aplica os **Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC)** para exemplificar essas transformações, mencionando a queima do carvão, da vela do motor do carro e das transformações químicas que ocorrem na respiração celular. O objetivo é instigar os alunos a estudarem o conteúdo, relacionando o domínio do **Conteúdo Químico (CK)** com o do **Conhecimento Didático de Conteúdo (PCK)**. Nessa mesma evidência, entende-se que, para aproximar os alunos dos conhecimentos químicos em Termoquímica, utiliza-se uma **Estratégia de Ensino (KCT)**. Na **Entr_ProfCarvalho_L01-03**²¹, o professor relata que a sua intenção foi justamente evitar a memorização dos símbolos utilizados na Química. No trecho apresentado a seguir, no quadro 9, fica evidente a relação entre os conhecimentos didáticos e químicos para iniciar o conteúdo propriamente dito.

Quadro 9 – Análise da aula 1 do Prof. Carvalho (linhas 38 a 40).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Carvalho: E.A1_L38-40: “A Termoquímica é responsável por explicar o seu churrasco lá no seu final de semana, com a queima do carvão e a liberação de calor. E tem mais: a queima do combustível lá no carro dos pais de vocês, ou do ônibus, na vela do motor. [...] [As combustões] só ocorrem por conta das reações exotérmicas, que liberam o calor e permite com que os cilindros do carro girem. Aí, vocês podem vir pra escola. [...] Também ocorre reação Termoquímica no seu corpo, que lá na Biologia a gente chama de ‘respiração celular’, ou a queima dos carboidratos, pra gerar energia.”</p> <p>Entr_ProfCarvalho_L01-03: “A minha intencionalidade foi justamente abrir os olhos dos alunos pra eles enxergarem além da ‘decoreba’ de valores para um exercício de Termoquímica.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	um exemplo – o do churrasco – para explicar sobre Termoquímica.
	das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)	interesse e curiosidade do aluno	conhecimentos e exemplificações que o professor domina acerca das aplicações das combustões no cotidiano.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	aplicações dos conceitos de reações exotérmicas no cotidiano dos alunos, como no exemplo do churrasco, do motor do carro e da respiração celular.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

²⁰ Abreviação para “Evidência da aula 1 do Prof. Carvalho, linhas 38 a 40”.

²¹ Abreviação para “Entrevista do Prof. Carvalho, linhas 01 a 03”.

Em relação à introdução ao conteúdo propriamente dito, na manifestação **Prof_Carvalho: E.A1_L02-07**²², apresentada no quadro 8, o professor faz uso dos conteúdos necessários para o ensino de Termoquímica, como ligações químicas – para o ensino de entalpia de ligação (que foi abordada nas aulas 4 e 5) –, estequiometria e mol (para a construção dos conceitos de “entalpia de reação” e de “combustão” e para a abordagem da lei de Hess e da entalpia de ligação). Isso reafirma as conexões entre os universos micro e macroscópico ao ensinar o conteúdo em questão, remetendo a um dos obstáculos que Castro (2014) e Rezende (2019) apontam quando abordam as dificuldades de se ensinar Termoquímica.

Durante a primeira aula, o professor menciona vários tópicos de Química, como a definição de “reações endotérmicas” e “reações exotérmicas”, fazendo isso de maneira numérica, reacional (por meio da referência a quebras e a formações de ligações químicas) e gráfica. Respectivamente, isso pode ser observado nas manifestações **Prof_Carvalho: E.A1_L58-62**²³, **Prof_Carvalho: E.A1_L111-113**²⁴ e **Prof_Carvalho: E.A1_L135-137**²⁵, apresentadas no quadro 10. Verificam-se os conhecimentos do subdomínio dos **Tópicos de Química (KoTC)**. Conforme já adiantado, o espaço entre uma manifestação e outra é justificado devido às repetições do professor. Assim, para melhor compreensão dos leitores, julgou-se necessário recortar algumas falas do participante.

Quadro 10 – Análise da aula 1 do Prof. Carvalho (linhas 58 a 62; 111 a 113; e 135 a 137).

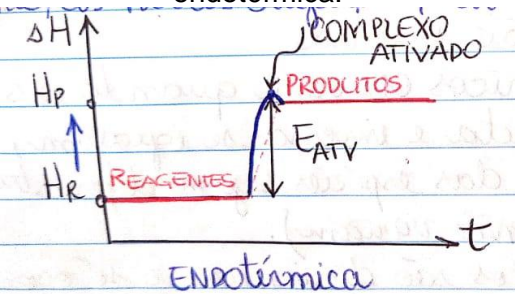
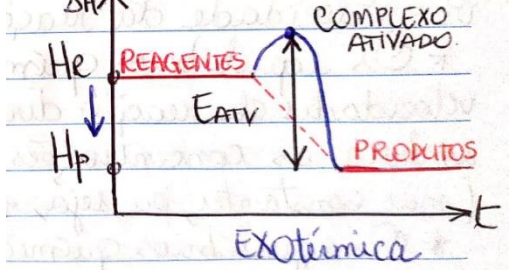
Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Carvalho: E.A1_L58-62: “Os reagentes, ao serem transformados em produtos, eles absorvem um pacote de energia [...]. Quando esse pacote de energia entra no sistema, esse calor provoca uma agitação nas minhas moléculas a ponto de romper as ligações químicas antigas e, ao mesmo tempo, ocasionando novas ligações químicas,	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	um entendimento de variáveis termodinâmicas: a entalpia e a entropia.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	registros de representação	um entendimento teórico acerca dos processos energéticos e mecanismos de reação que ocorrem durante uma transformação química genérica.

²² Abreviação para “Evidência da aula 1 do Prof. Carvalho, linhas 02 a 07”.

²³ Abreviação para “Evidência da aula 1 do Prof. Carvalho, linhas 58 a 62”.

²⁴ Abreviação para “Evidência da aula 1 do Prof. Carvalho, linhas 111 a 113”.

²⁵ Abreviação para “Evidência da aula 1 do Prof. Carvalho, linhas 135 a 137”.

imediatamente.”			
<p>Prof_Carvalho: E.A1_L111-113: “O valor de calor total de uma reação química, representada por uma única etapa, é a subtração dos pacotes de calor dos produtos e os reagentes.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	uma definição do valor do calor total de uma reação, representada por uma única etapa.
<p>Prof_Carvalho: E.A1_L135-137:</p> <p>Figura 10 – Gráfico da reação endotérmica.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>Figura 11 – Gráfico da reação exotérmica.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>“Então, vamos interpretar esse gráfico aqui? [...] As substâncias, quando combinadas, absorvem um pacote de calor [...], enquanto que os produtos, quando combinados, liberam o calor.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	uma definição de “absorção” e “liberação de calor” em uma reação química.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Já na segunda aula, o professor iniciou abordando um conhecimento químico ligado à Físico-Química: a entalpia. Segundo Brown, Lemay e Bursten (2005), a entalpia é uma variável termodinâmica que envolve a energia interna das partículas e a variação de pressão (relação força sob área) e volume (espaço ocupado) ou ainda uma transferência

de calor sob pressão constante. De acordo com Souza (2014), Castro *et al.* (2014) e Oliveira (2017), essa adaptação ocorre justamente para evitar a confusão entre calor e temperatura: o calor é uma tipologia de energia térmica, enquanto a temperatura é a medida do grau de agitação das partículas, resultante das trocas energéticas. Tais conceitos podem gerar obstáculos epistemológicos, uma vez que são abstratos para os estudantes. O tamanho das partículas e as transformações energéticas que ocorrem em níveis atômicos e moleculares dificultam a compreensão, o que pode desestimular os aprendizes durante a aprendizagem deste conteúdo. Além disso, a ausência de uma relação com o cotidiano nos cálculos relacionados à Termoquímica pode ser apontada como outro empecilho.

Nas manifestações **Prof_Carvalho: E.A2_L23-26**²⁶, **Prof_Carvalho: E.A2_L38-42**²⁷ e **Prof_Carvalho: E.A2_L47-52**²⁸, pode-se observar que, para ensinar Termoquímica, é necessário também mobilizar as aplicações da lógica matemática em relação às transformações químicas, uma vez que, assim como em equações matemáticas, pode-se multiplicar, dividir, somar ou subtrair as quantidades e proporções dos participantes de uma reação química. Em conformidade com os relatos de Oliveira (2017), podem ser usados, para tanto, os **Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC)**, naquilo que se refere às categorias de definições, conceitos e registros de representações, e o subdomínio de **Conhecimento da Estrutura da Química (KSC)**, como mostra o quadro 11.

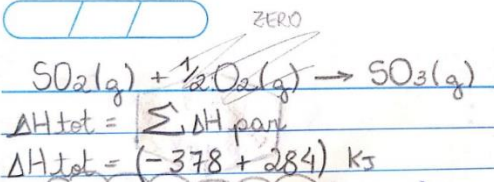
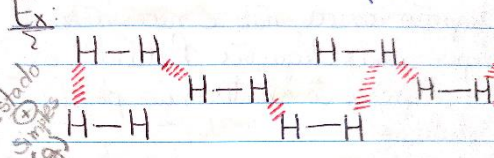
Quadro 11 – Análise da aula 2 do Prof. Carvalho (linhas 23 a 26; 38 a 42; e 47 a 52).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Carvalho: E.A2_L23-26: “As transformações químicas, aqui na Termoquímica, possui o caráter de equações matemáticas. Então, [...] uma equação química é uma transformação da matéria, mas, agora, assumimos que elas também possam ter valores numéricos atribuídos a ela.”	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	uma comparação das equações matemáticas e das transformações químicas.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicação	constructos matemáticos necessários para construir os conhecimentos acerca da variação de entalpia.
Prof_Carvalho: E.A2_L38-42: “Calcular a variação de entalpia de	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos teóricos	axiomas matemáticos ao realizar o cálculo de

²⁶ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 23 a 26”.

²⁷ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 38 a 42”.

²⁸ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 47 a 52”.

<p>cada substância, fazer o somatório de toda a energia necessária para que os reagentes sejam formados, depois os produtos. E, por fim, fazer o cálculo de delta H total, conforme diz a lei de Hess.”</p>			<p>variação de entalpia de uma equação termoquímica.</p>
<p>Prof_Carvalho: E.A2_L47-52:</p> <p>Figura 12 – Cálculo de entalpia na reação de formação do SO₃.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>Figura 13 – Representação estrutural das moléculas de H₂ para a contextualização de substâncias simples e valor de entalpia para esses compostos.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>“Todas as substâncias simples, no seu estado fundamental, possui entalpia padrão de formação igual a zero, [...] ou seja, [são] aquelas que são constituídas por um único tipo de átomo, como o gás hidrogênio, o gás oxigênio, o gás nitrogênio e afins.”</p>	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>definições, conceitos e seus fundamentos</p>	<p>uma definição e conceitos referentes à lei de Hess da Termoquímica.</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>definições, conceitos e seus fundamentos</p>	<p>uma definição numérica da entalpia padrão de formação de substâncias simples.</p>
		<p>registros de representação</p>	<p>mecanismos, ligações e estruturas moleculares de substâncias simples.</p>
	<p>da Estrutura da Química (KSC)</p>	<p>conexões com a própria disciplina (Química Geral)</p>	<p>uma definição de substâncias simples: “aquelas que são constituídas por um único tipo de átomo, como o gás hidrogênio, o gás oxigênio, o gás nitrogênio e afins”.</p>
	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)</p>	<p>processo de assimilação</p>	<p>uma simplificação dos conceitos de entalpia padrão de formação de substâncias simples, atribuindo valor nulo a elas.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No trecho **Prof_Carvalho: E.A2_L149-157**²⁹, que pode ser confrontado com a entrevista (**Entr_ProfCarvalho_L01-03**)³⁰, encontra-se uma das diversas problemáticas ao ensinar o conteúdo de Termoquímica: a memorização de fórmulas, números, equações e

²⁹ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 149 a 157”.

³⁰ Abreviação para “Entrevista com o Prof. Carvalho, linhas 01 a 03”.

registros simbólicos de natureza química (SOUZA, 2014; CASTRO *et al.*, 2014, HERNANDES, 2018; REZENDE, 2019). De acordo com a manifestação, os aprendizes preocupam-se em memorizar os valores de referências para as entalpias de formação de certas substâncias químicas, em vez de interpretar ou de aplicar tal valor numérico em uma transformação ou ainda no cotidiano dos alunos. É o que mostra o quadro 12.

Quadro 12 – Análise da aula 2 do Prof. Carvalho (linhas 149 a 157), concomitantemente à entrevista com o professor (linhas 01 a 03).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
	Evidências		
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Carvalho: E.A2_L149-157: “O próprio exercício te dá o valor das entalpias padrão de formação. Não é preciso decorar o valor numérico de cada pacote de energia, até porque cada pacote possui uma diferença pequena. Quando a gente compara exercício por exercício... Isso porque o experimento para tabelar as transformações químicas sofrem pequenas alterações de localidade pra localidade, de laboratório para laboratório, lembrando que esses dados são obtidos através de experimentações.”</p>	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)</p>	<p>processo de assimilação</p>	<p>uma simplificação dos conceitos numéricos de entalpia padrão de formação das substâncias químicas envolvidas em uma transformação.</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>procedimentos teóricos</p>	<p>normas e procedimentos teóricos responsáveis por se obter o resultado de variações de entalpia numa reação química, comparando e discutindo os valores obtidos por meio dos cálculos.</p>
	<p>Entr_ProfCarvalho_L01-03: “A minha intencionalidade foi justamente abrir os olhos dos alunos pra eles enxergarem além da ‘decoreba’ de valores para um exercício de Termoquímica.”</p>	<p>do Ensino de Química (KCT)</p>	<p>Estratégias de ensino (interpretação)</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Em conformidade com o relato da entrevista e de acordo com Oliveira (2017) e Hernandes (2018), o Prof. Carvalho faz uso de conhecimentos específicos ao abordar esses valores de referências, sejam eles de substâncias simples ou compostas, evitando simplesmente a memorização, sem uma discussão dos dados numéricos. Para isso, vale-se dos conhecimentos de ambos os domínios: dos conhecimentos químicos, reportando-se ao subdomínio dos **Tópicos de Química** (KoTC), ao abordar os valores em si; e dos **Conhecimentos Didáticos do Conteúdo** (PCK), em se tratando do subdomínio do **Ensino de Química** (KCT), ao abordar as possíveis interpretações desses valores

numéricos, seja no contexto de um exercício, de uma avaliação ou do próprio cotidiano dos estudantes. Por fim, o professor termina a sua aula com exemplificações, relacionando o conteúdo de combustões completas e incompletas ao cotidiano, por meio dos **Conhecimentos dos Tópicos (KoTC)** e dos conhecimentos do **Ensino de Química (KCT)**. Os exemplos apresentam-se, então, como uma estratégia de ensino, conforme observado na manifestação **Prof_Carvalho: E.A2_L183-185**³¹ (quadro 13). Com essa estratégia, o professor mostra reconhecer a necessidade de aproximação dos conceitos ao cotidiano dos aprendizes, de acordo com o recomendado por Rezende (2019).

Quadro 13 – Análise da aula 2 do Prof. Carvalho (linhas 183 a 185).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
	Evidências		
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Carvalho: E.A2_L183-185: “Toda combustão, toda queima, toda incineração é uma reação química exotérmica. Combustão da vela? Do açúcar? Do etanol? Da Gasolina? Toda combustão é uma reação exotérmica.”	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	uma definição das reações químicas de combustão.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	um conhecimento e exemplificações que o professor tem sobre as combustões, aplicando-as com substâncias (comburentes) conhecidos pelos estudantes.
	do Ensino de Química (KCT)	estratégias de ensino (interpretação)	um rol de exemplos de reações de combustões, como a da vela, do açúcar, do etanol e da gasolina, para aproximar os alunos do conteúdo.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Da terceira aula, destacam-se as manifestações **Prof_Carvalho: E.A3_L08-10**³², **Prof_Carvalho: E.A3_L27-29**³³ e **Prof_Carvalho: E.A3_L31-40**³⁴. O professor inicia essa aula recorrendo aos conhecimentos dos **Tópicos de Química (KoTC)** e às categorias de definições e registros de representações, especificamente em relação às aplicações da lei de Hess, conforme mostra o quadro 14.

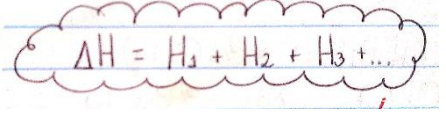
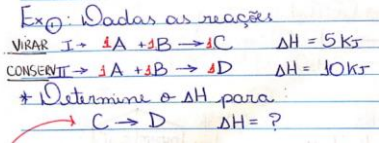
³¹ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 183 a 185”.

³² Abreviação para “Evidência da aula 3 do Prof. Carvalho, linhas 08 a 10”.

³³ Abreviação para “Evidência da aula 3 do Prof. Carvalho, linhas 27 a 29”.

³⁴ Abreviação para “Evidência da aula 3 do Prof. Carvalho, linhas 31 a 40”.

Quadro 14 – Análise da aula 3 do Prof. Carvalho (linhas 08 a 10; 27 a 29; e 31 a 40).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Carvalho: E.A3_L08-10: “Quando uma transformação química ocorre em uma ou mais etapas, a quantidade de calor final observada na transformação depende das etapas intermediárias.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	definições e conceitos referentes ao cálculo de entalpia pela aplicação da lei de Hess em reações não elementares.
<p>Prof_Carvalho: E.A3_L27-29:</p> <p>Figura 14 – Definição da lei de Hess.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>“A quantidade de calor final é dada pela variação de calor da etapa 1 mais a variação de calor da etapa 2 mais a variação de calor da etapa 3 e assim por diante.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	uma definição numérica de entalpia numa reação não elementar.
<p>Prof_Carvalho: E.A3_L31-40:</p> <p>Figura 15 – Exemplificação da lei de Hess com um exemplo genérico.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>“[...] Na etapa 1, a substância A, ao combinar com a substância B, vai gerar uma substância C, e a variação de calor da etapa 1 é +5 kJ. Agora rumo à etapa 2, a mesma substância A combina com a mesma substância B e vai gerar a substância D, e a variação dessa etapa é +10 kJ. Determine o delta H para a conversão de C em D.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	registros de representação	uma representação de uma reação genérica que ocorre em duas etapas.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Conforme afirmam Castro *et al.* (2014), entende-se por “representações de ensino” o conjunto de analogias, metáforas, gestos, questionamentos, debates, diálogos etc. facilitadores da aprendizagem em geral. Sendo assim, considera-se como “representação

do conteúdo” a sequência das perguntas a seguir: em qual das reações dadas encontramos a substância da reação problema?; quantos mol da substância encontram-se na equação-problema e quantos mol temos na equação dada?; tal substância aparece antes ou depois da seta? Nas manifestações **Prof_Carvalho: E.A3_L40-42**³⁵, **Prof_Carvalho: E.A3_L43-46**³⁶ e **Prof_Carvalho: E.A3_L64-66**³⁷, analisadas em articulação com a entrevista **Entr_ProfCarvalho_L09-12**, o professor discorre acerca de uma representação genérica da lei de Hess, utilizando, para tanto, participantes representados pelas letras A e B (para os reagentes) e C e D (para os produtos). Essa representação apresenta valores numéricos de entalpia de reação irrisórios. Assim, o professor solicita que, em conjunto, a turma calcule o valor de entalpia total de reação, em uma transformação que ocorreu em duas ou mais etapas. Nesta altura da aula, o Prof. Carvalho mobilizou os conhecimentos dos **Tópicos de Química (KoTC)**. É o que mostra o quadro 15.

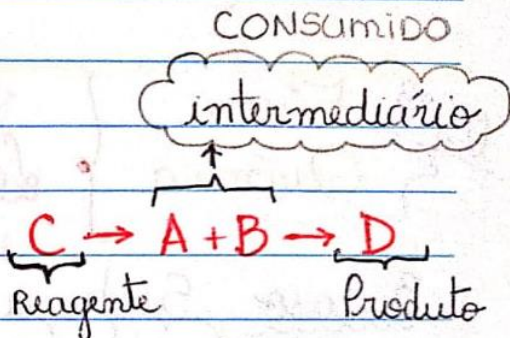
Quadro 15 – Análise da aula 3 do Prof. Carvalho (linhas 40 a 42; 43 a 46; e 64 a 66), concomitantemente à entrevista com o professor (linhas 09 a 12).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Carvalho: E.A3_L40-42: “Como é que uma mesma substância A, combinada com a mesma substância B, vai gerar duas substâncias diferentes?”</p> <p>Entr_ProfCarvalho_L09-12: “Eu quis aproximar o exemplo genérico, o teórico com algum no qual os alunos pudessem observar e não deixar dúvidas quanto às diferentes formações de moléculas.”</p>	<p>das características da Aprendizagem de Química (KFLS)</p>	<p>processo de assimilação</p>	<p>questionamentos que os estudantes possam fazer, em se tratando do mecanismo da reação química genérica.</p>
<p>Prof_Carvalho: E.A3_L43_46: “A gente tem é isso aqui, naquele exemplo: S + O₂ pode gerar SO₂ e S+ O₂ pode gerar SO₃. Quem é o S aqui? É o A, lá? E quem é o B?, é o O². Conseguiram enxergar? Ali é apenas uma ilustração genérica.”</p>	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>aplicações</p>	<p>uma exemplificação da reação de formação dos óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃), de maneira análoga ao exemplo trabalhado na reação genérica.</p>

³⁵ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 40 a 42”.

³⁶ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 43 a 46”.

³⁷ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 64 a 66”.

<p>Prof_Carvalho: E.A3_L64-66:</p> <p>Figura 16 – Definição de consumo e formação de espécies intermediárias numa reação genérica.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>“Todas as substâncias que estão lá em cima [da reação] e não fazem parte da reação final. Foram consumidas ao longo do tempo de ocorrência daquela reação. Por isso, eles desaparecem.”</p>	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>procedimentos teóricos</p>	<p>um conceito e explanação acerca do consumo dos reagentes intermediários para a ocorrência de uma reação química.</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>registros de representação</p>	<p>uma representação do consumo de reagentes numa reação química, onde o reagente C acaba formando o produto D.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

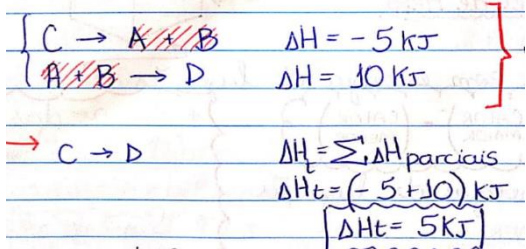
Após o cálculo e a inversão de uma das reações químicas, o professor exemplifica, com o intuito de aproximar os alunos do conteúdo ministrado. Usa, para isso, os conhecimentos dos **Tópicos de Química (KoTC)** e os das **Características da Aprendizagem de Química (KFLS)**. Desta vez, os exemplos são com os óxidos de enxofre, a formação da chuva ácida e o consumo do carvão em um churrasco, conforme mostra a manifestação **Prof_Carvalho: E.A3_L67-69**³⁸. Por fim, o professor dá sequência à aula com os conhecimentos dos **Tópicos de Química**, deduzindo as equações pertinentes à lei de Hess – manifestações **Prof_Carvalho: E.A3_L76-113**³⁹ e **Prof_Carvalho: E.A3_L114-122**⁴⁰ – e, em seguida, interpretando os valores, explicitando se a reação química é endotérmica ou exotérmica e aplicando-a ao cotidiano dos alunos, conforme sugerem Castro *et al.* (2013). É o que mostra o quadro 16.

³⁸ Abreviação para “Evidência da aula 3 do Prof. Carvalho, linhas 67 a 68”.

³⁹ Abreviação para “Evidência da aula 3 do Prof. Carvalho, linhas 76 a 113”.

⁴⁰ Abreviação para “Evidência da aula 3 do Prof. Carvalho, linhas 114 a 122”.

Quadro 16 – Análise da aula 3 do Prof. Carvalho (linhas 67 a 68; 76 a 113; e 114 a 122).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Carvalho: E.A3_L67-69: “Vocês já viram algo parecido com isso? A gente pega um saco de carvão e coloca na churrasqueira pra fazer o churrasco no final de semana. Depois do churrasco, cadê o carvão que estava lá? Foi consumido, boa parte dele.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	uma exemplificação de consumo de reagentes numa transformação do cotidiano, ao fazer churrasco com carvão.
<p>Prof_Carvalho: E.A3_L76-113: Figura 17 – Cálculo de entalpia, a partir da lei de Hess, para o exemplo genérico.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>“Vamos procurar essa substância química aqui lá em cima, e eu quero essa substância C no lado esquerdo da seta. [...] Se eu quero ela no lado esquerdo e ela está no direito, então eu tenho que pegar essa etapa e fazer o quê? E inverter. E como a gente faz pra inverter uma equação? A gente pega quem está no lado esquerdo da seta e passa pro lado direito, e quem está no lado direito passa pro lado esquerdo. [...] A outra substância que eu preciso ajustar é a substância D: eu quero ela no lado direito da minha seta. Ela já está no lado direito, estão vendo? Ela já está no lado direito. E eu quero um mol, e eu já tenho um mol. Então, nessa etapa, eu vou fazer o quê? Conservar. Então, vou escrever do jeito que está, A + B, que forma D. E o delta H é igual a 10 kJ. Agora, eu vou somar. Na soma, o que eu vou fazer? Eu vou eliminar todas as substâncias que estão antes e depois em quantidades iguais.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	registros de representação	uma representação do mecanismo energético de reações que ocorrem em duas etapas.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos teóricos	uma explanação de como se realiza o cálculo de entalpia numa reação de duas ou mais etapas: “Agora eu vou somar. Na soma, o que eu vou fazer? Eu vou eliminar todas as substâncias que estão antes e depois em quantidades iguais. Agora eu vou somar. Na soma, o que eu vou fazer? Eu vou eliminar todas as substâncias que estão antes e depois em quantidades iguais”.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	constructos da Matemática, necessários para realizar o cálculo de entalpia numa reação não elementar.
	dos Tópicos da Química (KoTC)	representações	uma hipótese de que uma espécie C transforme-se em D, por meio de semirreações (em etapas).
	do Ensino de Química (KCT)	estratégias de ensino (interpretação)	uma interpretação dos dados do exercício sobre valores de entalpia: “A gente pega quem está no lado esquerdo da seta e passa pro lado direito, e quem está no lado direito passa pro lado esquerdo e não mexe na seta”.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na sequência, dando continuidade aos conhecimentos construídos nas três primeiras aulas, no início da quarta aula, o professor faz uma revisão dos conteúdos já abordados, conforme mostram as manifestações **Prof_Carvalho: E.A4_L04-08**⁴¹, **Prof_Carvalho: E.A4_L12-16**⁴² e **Prof_Carvalho: E.A4_L16-19**⁴³. Nelas, observam-se os conhecimentos dos subdomínios dos **Tópicos de Química (KoTC)**, **Estrutura da Química (KCS)** e **Ensino de Química (KCT)**. Tais manifestações só puderam ser classificadas como evidências a partir do cotejo com a entrevista com o professor (**Entr_ProfCarvalho_L14-19**⁴⁴). O docente mostra ter bastantes conhecimentos do **Ensino de Química**, usando como estratégia de ensino a revisão, conforme mostra o quadro 17. Ele entende que a aula de um dado conteúdo de Química não pode encarada de maneira isolada dos demais conhecimentos que envolvem um conteúdo – o ensino deve ser conduzido gradualmente, com base em um construtivismo, de acordo com as ponderações Chassot (2014) ao abordar a alfabetização científica e as linguagens para se entender o mundo. Vale ressaltar, neste ponto, que as aulas 4 e 5 aulas tinham por objetivo encerrar o conteúdo, uma vez que os alunos iriam realizar uma avaliação a respeito da Termoquímica nas próximas semanas.

Quadro 17 – Análise da aula 4 do Prof. Carvalho (linhas 04 a 08; 12 a 16; e 16 a 19), concomitantemente à entrevista com o professor (linhas 14 a 19).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
	Evidências		
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Carvalho: E.A4_L04-08: “Lá nas aulas passadas [aulas 1, 2 e 3], a gente pegava um exercício, falava alguma coisa a respeito de variação de calor. E, quando a gente olhava no exercício, ele mostrava pra gente uma reação química, representando aquela transformação da matéria e, logo abaixo, o exercício dava essa informação: ‘dado os calores de	da Estrutura da Química (KSC)	estrutura da química e suas conexões, vinculando diferentes conceitos	conexões entre os conceitos construídos anteriormente (reações endotérmicas e exotérmicas e representações gráficas e numéricas de entalpia) e os que ainda serão mediados (entalpia de ligação).

⁴¹ Abreviação para “Evidência da Aula 4 do Prof. Carvalho, linhas 04 a 08”.

⁴² Abreviação para “Evidência da Aula 4 do Prof. Carvalho, linhas 12 a 16”.

⁴³ Abreviação para “Evidência da Aula 4 do Prof. Carvalho, linhas 16 a 19”.

⁴⁴ Abreviação para “Entrevista do Prof. Carvalho, linhas 14 a 19”.

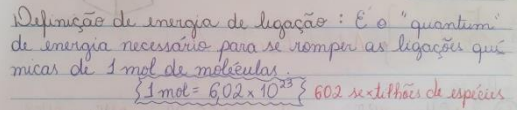
<p>formação'. E aí, o que eu fazia? Eu pegava o calor total dos produtos menos o calor total dos reagentes. Delta H é igual a Hp menos Hr.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicação	constructos matemáticos necessários para realização do cálculo de entalpia para as reações químicas que ocorrem em uma única etapa: “E aí, o que eu fazia? Eu pegava o calor total dos produtos menos o calor total dos reagentes”.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	um conceito de entalpia em reações elementares (que ocorrem numa única etapa).
	do Ensino de Química (KCT)	estratégias de ensino (revisão)	revisões dos conteúdos das aulas anteriores, como o cálculo do calor total dos reagentes.
<p>Prof_Carvalho: E.A4_L12-16: “Na outra aula, a gente pegou um exercício aonde tinha um enunciado e, abaixo desse enunciado, eu tinha lá duas ou mais reações químicas e aparecia uma equação que não tinha o delta H, e o que a gente fazia? Conservava, invertia, multiplicava e depois eliminava as substâncias que estavam ‘repetindo’. A gente descobriu que elas, em verdade, ao longo do processo, elas são consumidas.”</p> <p>Entr_ProfCarvalho_L14-19: “Acredito que uma aula de Química não deva ser lecionada de maneira isolada, desconexa das outras, pois elas são interdependentes. Eu preciso de um conhecimento prévio para dar sequência no meu conteúdo, entende?”</p>	da Estrutura da Química (KSC)	estrutura da química e suas conexões, vinculando diferentes conceitos.	conexões entre os conceitos construídos anteriormente com os que ainda serão mediados.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos teóricos	uma lógica e linguagem matemática necessária para a realização do cálculo de entalpia para as reações químicas que ocorrem em etapas.
	do Ensino de Química (KCT)	estratégias de ensino (revisão)	revisões dos conteúdos das aulas anteriores, como o cálculo de delta H, em uma reação com duas ou mais etapas, a partir da conservação, da inversão, da multiplicação e da eliminação das substâncias intermediárias.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	um conceito de entalpia em reações não elementares (que não ocorrem numa única etapa).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O professor dá sequência ao conteúdo da entalpia de ligação, usando, para tanto, os conhecimentos dos **Tópicos de Química** (KoTC), nas categorias de definições, procedimentos teóricos e registros de representações. Ao abordar o conteúdo de entalpia

de ligação, o profissional faz alusão às estruturas moleculares e iônicas dos compostos químicos, pois é necessário apresentá-las por meio das fórmulas estruturais ou eletrônicas – também conhecidas como “fórmulas de Lewis” (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005). O Prof. Carvalho apresenta, então, um exemplo genérico, representado pelas letras “A” e “B” como indicadores de substâncias simples – A_2 e B_2 – e substâncias compostas, representadas no composto AB. Todas estão unidos por meio da ligação simples ou sigma. Esse é basicamente o conteúdo das manifestações **Prof_Carvalho: E.A4_L43-51**⁴⁵, **Prof_Carvalho: E.A4_L74-81**⁴⁶, **Prof_Carvalho: E.A4_L89-94**⁴⁷, **Prof_Carvalho: E.A4_L114-118**⁴⁸ e **Prof_Carvalho: E.A4-L126-140**⁴⁹. Em seguida, após apresentar os cálculos pertinentes à entalpia de ligação, o professor diferencia-os dos que fazem alusão à entalpia de formação, de reação e de combustão, ainda usando os conhecimentos dos **Tópicos de Química**, com o exemplo da formação do ácido fluorídrico (HF), a partir dos gases hidrogênio (H_2) e flúor (F_2). Por fim, interpreta os valores de entalpia de reação obtidos com os cálculos da entalpia de ligação das moléculas. É o que mostra o quadro 18.

Quadro 18 – Análise da aula 4 do Prof. Carvalho (linhas 43 a 51; 74 a 81; 114 a 118; e 126 a 140).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Carvalho: E.A4_L43-51:</p> <p>Figura 18 – Definição de “mol” e de “número de Avogadro”.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>“O que é ‘energia de ligação’? É a quantidade de energia suficiente para romper essas ligações. De quantas moléculas? $6,02 \times 10^{23}$, ou seja, 1 mol. Energia de ligação é a quantidade de energia suficiente para quebrar as ligações de 602 sextilhões de</p>	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>definições, conceitos e seus fundamentos</p>	<p>um conceito de energia de ligação numa transformação química.</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>procedimentos teóricos</p>	<p>características das normas teóricas para se calcular a energia de ligação.</p>

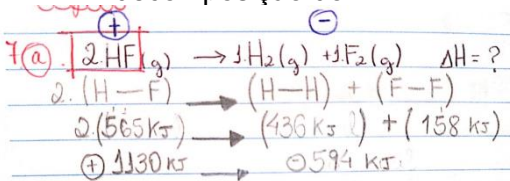
⁴⁵ Abreviação para “Evidência da Aula 4 do Prof. Carvalho, linhas 43 a 51”.

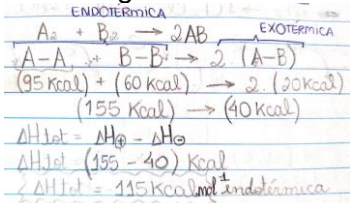
⁴⁶ Abreviação para “Evidência da Aula 4 do Prof. Carvalho, linhas 74 a 81”.

⁴⁷ Abreviação para “Evidência da Aula 4 do Prof. Carvalho, linhas 89 a 94”.

⁴⁸ Abreviação para “Evidência da Aula 4 do Prof. Carvalho, linhas 114 a 118”.

⁴⁹ Abreviação para “Evidência da Aula 4 do Prof. Carvalho, linhas 126 a 140”.

moléculas. [...] É o pacote de energia suficiente para quebrar esse tanto de ligações. [...] Isso é fruto de um resultado experimental.”			
<p>Prof_Carvalho: E.A4_L74-81: “Numa determinada transformação química, o exercício diz que, dentro do A₂, existe uma ligação simples, e ele me fornece a quantidade de calor suficiente para quebrar essa ligação. Dentre essa transformação, eu tenho uma substância química B₂. E a planilha me diz que, dentro desse B₂, tem uma ligação química. Dentre essa transformação, eu tenho uma substância química AB, e a planilha me diz que, entre esses A e esse B, existe também uma ligação simples. O que eu vou fazer agora, pessoal? Eu vou substituir essa ligação pelos pacotes de energia, que se refere a cada uma delas.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	um conceito de “energia de ligação”.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos teóricos	características das normas teóricas para se calcular a entalpia de ligação numa reação genérica.
<p>Prof_Carvalho: E.A4_L89-94: “Pra quebrar essa ligação, eu preciso pegar essa molécula e submeter ela a um determinado grau de agitação. É aí que entra o pacote de energia. Essa energia vai provocar nessa molécula A₂ um determinado grau de agitação até que a ligação não suporte mais e se quebre. Ou seja, pessoal, o que que tem que acontecer aqui pra separar esse A e A? Eu tenho que fazer com que entre um pacote de energia.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	um conceito de “entalpia de ligação” em uma transformação química, a partir do grau de agitação (entropia): “Pra quebrar essa ligação, eu preciso pegar essa molécula e submeter ela a um determinado grau de agitação. É aí que entra o pacote de energia”.
<p>Prof_Carvalho: E.A4_L114-118: Figura 19 – Cálculo da entalpia de reação a partir da entalpia de ligação dos participantes da reação química de decomposição do HF.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	uma exemplificação de transformação endotérmica e exotérmica para os constituintes (reagentes e produtos) da reação química.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	registros de representação	fórmulas químicas estruturais e moleculares do HF e dos gases H ₂ e F ₂ .
<p>“Durante essa transformação química, eu percebo que, entre os reagentes, sempre vai acontecer uma reação endotérmica, enquanto que, nos produtos, vai acontecer sempre uma reação exotérmica. [...] Nos reagentes,</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos teóricos	uma linguagem matemática necessária para a construção dos conhecimentos de entalpia de ligação: “Nos reagentes, o sinal é sempre positivo e, nos produtos, o sinal sempre é negativo”.

o sinal é sempre positivo e, nos produtos, o sinal sempre é negativo.”			
<p>Prof_Carvalho: E.A4-L126-140:</p> <p>Figura 20 – Cálculo da entalpia de reação a partir da entalpia de ligação dos participantes da reação química genérica.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	uma definição de transformação endotérmica e endotérmica para os constituintes da reação química em um exemplo genérico.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos teóricos	uma linguagem matemática necessária para a construção dos cálculos de entalpia de ligação em um exemplo genérico.
<p>“Não importa a quantidade de calor que entrou ou que saiu. Pra calcular a variação de calor nesse caso, eu pego o maior – não interessa se é o produto ou se é reagente – e subtraio o pacote de calor menor. [...] Esse é o pacote de calor dos reagentes. Esse é o pacote de calor dos produtos, que saiu. Percebe que eu sempre trabalho com sinais separados do número? Sinais positivos indicam que entrou [energia]. Sinais negativos indicam que saiu [energia]. Entrou quanto aqui nos reagentes? 155 kcal. Saiu quanto de calor nos produtos? 40 kcal. Qual pacote é maior? A variação de calor aqui é 155 menos 40; então, a variação de calor aqui é 115 kcal por mol. Agora eu vou atribuir o sinal. Qual é o sinal que está ao lado do pacote maior? O sinal que está ao lado do pacote maior é o positivo. Então, eu vou colocá-lo ao lado do resultado. Então, a transformação é endotérmica.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	registros de representação	uma interpretação do resultado em si, relacionando-o com os conceitos de reações endotérmicas.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na aula 5, os objetivos foram os de reforçar os conceitos da entalpia de ligação e realizar o fechamento do conteúdo de Termoquímica, além de lançar algumas luzes sobre o conteúdo do equilíbrio químico, que estaria na próxima apostila do referido colégio. O professor iniciou, então, a aula com um exercício sobre a formação dos gases

clorofluorcarbonetos, dando enfoque no conteúdo de espontaneidade ou energia livre de Gibbs. É o que mostram as manifestações **Prof_Carvalho: E.A5_L05-14**⁵⁰ e **Prof_Carvalho: E.A5_L70-136**⁵¹ apresentadas e analisadas no quadro 19. Em seguida, deixou os alunos resolverem os exercícios por conta própria, durante aproximadamente 30 minutos. No momento da correção do exercício, o professor fez uso dos conhecimentos dos **Tópicos de Química (KoTC)** e da **Estrutura da Química (KCS)**, ao abordar as posições dos ligantes nos átomos de carbono a formação do clorofluorcarboneto (remetendo ao conteúdo do 3.º ano), em Química Orgânica, e a isomeria espacial geométrica (cis-trans). É o que mostram as manifestações **Prof_Carvalho: E.A5_L70-136**, **Prof_Carvalho: E.A5_L152-158**⁵² e **Prof_Carvalho: E.A5_L237-239**⁵³. Em seguida, fez a análise e a interpretação dos valores obtidos, identificando se a reação química era classificada como endotérmica ou exotérmica, encerrando, assim, o conteúdo de Termoquímica.

Quadro 19 – Análise da aula 5 do Prof. Carvalho (linhas 05 a 14; 70 a 136, 152 a 158; e 237 a 239).

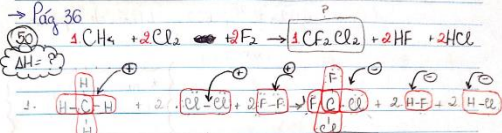
Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
	Evidências		
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Carvalho: E.A5_L05-14: “Na sequência natural desse conteúdo, o próximo tópico se chama ‘entropia’ [...]. À medida que a gente aumenta a temperatura, embaixo de um recipiente, onde tem uma determinada quantidade de matéria, para sofrer transformação, esse calor produzido pela chama vai ser absorvido pela substância e vai gerar na substância um determinado grau de agitação. E essa agitação vai gerar uma desordem no sistema, e é disso que a gente vai falar lá na próxima aula, quando entrarmos no conteúdo de equilíbrio. [...] Quando parte desse calor é dissipado pra vizinhança, espontaneamente, chamamos essa energia de ‘energia livre de Gibbs’.”	da Estrutura da Química (KSC)	relação dos conhecimentos construídos e os que serão ensinados	uma relação de entalpia com outras variáveis termodinâmicas que irão ser discutidas posteriormente, nos conteúdos de equilíbrio químico, Eletroquímica e espontaneidade (Gibbs).
	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições, conceitos e seus fundamentos	uma definição de entropia (grau de desordem molecular); uma definição de variáveis termodinâmicas, utilizadas na física na primeira e segunda leis da Termodinâmica.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicação	uma definição de variáveis termodinâmicas utilizadas na Física, na primeira e

⁵⁰ Abreviação para “Evidência da Aula 5 do Prof. Carvalho, linhas 05 a 14”.

⁵¹ Abreviação para “Evidência da Aula 5 do Prof. Carvalho, linhas 70 a 136”.

⁵² Abreviação para “Evidência da Aula 5 do Prof. Carvalho, linhas 152 a 158”.

⁵³ Abreviação para “Evidência da Aula 5 do Prof. Carvalho, linhas 237 a 239”.

			segunda leis da Termodinâmica, e pertencente à área de Físico-Química.
<p>Prof_Carvalho: E.A5_L70-136:</p> <p>Figura 21 – Cálculo de entalpia de reação a partir das entalpias de ligações dos participantes da reação de formação do clorofluorcarboneto.</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	registros de representação	uma representação de fórmulas moleculares e das ligações químicas que constituem a reação química de formação do clorofluorcarboneto.
 <p>Fonte: Cópia do quadro da aula do Prof. Carvalho (2020).</p> <p>“Eu tenho dois átomos de cloro unidos pela ligação simples – um na direita e outro na esquerda. E essa estrutura se repete duas vezes ao longo da minha transformação química. Temos dois átomos de flúor ligados por uma ligação química. E essa estrutura se repete duas vezes ao longo da reação química. Agora, [temos] a seta de reação química, indicando que a reação é irreversível. Dois átomos de cloro e dois átomos de flúor ligados no carbono. Tá, mas como eu ponho agora? Isso que eu estou fazendo é um conceito que vocês vão ver lá no seu 3.º ano. Se chama ‘isomeria’. Por agora, não se preocupe onde colocar os flúores e os cloros no seu átomo de carbono, desde que você não coloque errado o tipo e a quantidade de ligações químicas que esse átomo faz. E agora?, tenho os reagentes, eles vão receber um pacote de energia chamado de ‘energia de ativação’. Vai chegar lá no topo dessa energia recebida. E esse topo se chama...? ‘Complexo ativado’? Certo, né? Lá nesse complexo ativado, todas essas ligações serão destruídas e, imediatamente após essa destruição, essas ligações serão reconstruídas. Temos um átomo de flúor ligado ao hidrogênio, e essa estrutura se repete duas vezes ao longo da minha reação química. Beleza! E o HCl? Também, né? Um átomo de cloro ligado ao hidrogênio. E essa estrutura se repete duas vezes ao longa da nossa reação química. Aqui, eu sei que, nos</p>	dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)	sequência dos conteúdos conforme o nível escolar	conteúdos dispostos na grade curricular do 3.º ano do Ensino Médio: isomeria espacial geométrica.

reagentes, vai entrar calor, aqui também pro Cl_2 e pro F_2 e pros produtos. Sai calor, porque para os produtos a reação é exotérmica! Ou seja, pra isso se formar, vai precisar sair um pacote de calor pra cada produto formado. Então, eles vão sair, o calor vai sair.”			
---	--	--	--

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Conforme já adiantado, no colégio particular onde estas cinco aulas foram observadas, a disciplina de Química era ministrada por dois professores, sendo o conteúdo dividido em duas frentes: enquanto o Prof. Carvalho lecionava os conceitos da Termoquímica, com duas aulas por semana, o segundo professor mediava o conteúdo de Cinética Química. Optou-se por observar apenas as aulas do Prof. Carvalho, que revelaram um caráter teórico-expositivo. Os conhecimentos mais identificados foram referentes aos subdomínios dos **Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC)** e da **Estrutura da Química (KSC)**. Conforme também já adiantado, o colégio em questão privilegia o ensino voltado para aprovações em vestibulares e exames como o Enem.

Outro ponto que vale ser destacado é que o Prof. Carvalho, conforme mencionado anteriormente (tópico 3.1), não é licenciado em Química e tem apenas o título de magistério, obtido na década de 1980. Embora o professor tenha bastante experiência em sala de aula, é preciso notar que o curso de licenciatura, nas atuais configurações, de acordo com o que abordamos no tópico 2.1, prepara o docente para trabalhar os conhecimentos e conteúdos associados ao fazer pedagógico, conforme relatam Tardif (2002) e Ribeiro (2016). Portanto, o fato de este professor não ser licenciado em Química pode ter encaminhado nossos dados em um dos domínios do modelo – uma vez que identificamos 62 **Conhecimentos Químicos (CK)** e 10 **Conhecimentos Didáticos de Conteúdo (PCK)** durante a análise. Identifica-se, portanto, a visão simplista de que os conhecimentos químicos são superiores aos didáticos de conteúdo, bastando apenas algumas técnicas de ensino para complementar a formação inicial do professor.

4.2 Conhecimentos especializados mobilizados nas aulas da Prof.^a Magnólia

As análises apresentadas neste segundo subtópico foram desenvolvidas a partir da

observação não participante de três aulas da Prof.^a Magnólia, ministradas de forma remota por meio da plataforma *Microsoft Teams*⁵⁴. De forma semelhante ao Prof. Carvalho, na primeira aula, a professora teve também como objetivos realizar a introdução ao conteúdo de Termoquímica, definindo e exemplificando os conceitos de “reações endotérmicas” e “reações exotérmicas”. Isso foi feito com o recurso a situações familiares aos alunos, aproximando-os, assim, do conteúdo ministrado. Ainda na mesma aula, a professora fez a caracterização da entalpia de reação e abordou o seu cálculo, a partir da energia dos participantes da reação.

A segunda aula foi ministrada com o intuito de estudar as transformações envolvidas na lei de Hess, por meio do cálculo de entalpia de uma reação principal, partindo, para tanto, de duas outras reações subsequentes. Já a terceira aula teve como intuítos a apresentação do conceito de “energia de ligação” e a realização de uma revisão para o encerramento do conteúdo com os alunos, conforme mencionado já no tópico 3.2.

Durante as aulas da Prof.^a Magnólia, foram contabilizados 83 conhecimentos especializados. A identificação e a descrição desses conhecimentos foram feitas com base nos domínios e subdomínios do Conhecimento de Química e do Conhecimento Didático do Conteúdo do CTSK. Discutiram-se, ainda, as possíveis conexões entre os domínios dos **Conhecimentos Químicos** (CK⁵⁵) e dos **Conhecimentos Didáticos de Conteúdo** (PCK⁵⁶) e buscou-se investigar quais são conhecimentos especializados dos quais a professora fez uso para ensinar o conteúdo de Termoquímica, indo ao encontro das necessidades formativas e da prática profissional.

As conexões entre os subdomínios pautaram-se pelo processo de ensino e aprendizagem propriamente dito, que ocorre em conformidade com os conhecimentos especializados, durante as construções dos conceitos de Termoquímica, associando, para tanto, os **Conhecimentos da Química (CK)** – 41 conhecimentos – e os **Conhecimentos Pedagógico do Conteúdo (PCK)** – 42 conhecimentos. Esses dados estão apresentados na figura 22.

⁵⁴ A plataforma *Teams* foi escolhida, uma vez que a Seduc-MT optou por essa ferramenta para as aulas remotas, devido à pandemia do novo Coronavírus.

⁵⁵ Sigla em inglês para “*Chemistry Knowledge*”.

⁵⁶ Sigla em inglês para “*Pedagogical Content Knowledge*”.

Figura 22 – Conhecimentos identificados na transcrição das aulas da Prof.^a Magnólia, divididos nos subdomínios do modelo teórico CTSK.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Conforme mostra a figura 22, a Prof.^a Magnólia usou os **Conhecimentos dos Tópicos** (KoTC⁵⁷) em maior quantidade. Entretanto, com a exceção dos **Conhecimentos de Pesquisa e Desenvolvimento da Química** (KDRC⁵⁸), que não se manifestaram no decorrer das aulas observadas, todos os outros subdomínios apresentaram manifestações expressivas durante as observações. A professora em questão já atuou na área de ensino de Química e tem especialização em Educação Especial, tendo também já participando de projetos como o Pibid. Conforme já adiantado, as aulas observadas foram ministradas na rede pública de ensino.

Em relação à entrevista semiestruturada realizada por meio do aplicativo *WhatsApp*⁵⁹, essa ferramenta de coleta de dados teve por objetivo confirmar (ou não) a classificação da manifestação observada, isto é, verificar se a manifestação pode ser, de fato, considerada um indício ou evidência de conhecimento. No quadro 20, é apresentada uma manifestação dos conhecimentos especializados da Prof.^a Magnólia na aula 1,

⁵⁷ Sigla em inglês para "Knowledge of Topics of Chemistry".

⁵⁸ Sigla em inglês para "Knowledge of Research and Development of Chemistry".

⁵⁹ Optou-se por essa plataforma devido às suas funcionalidades, que permitiram à Prof.^a Magnólia responder às perguntas rapidamente, com mensagens de áudio.

Quadro 20 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 04 a 08).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Magnólia: E.A1_L04-08: “A aula que eu vou dar pra vocês hoje é a parte de Físico-Química que eu coloquei na apostila de vocês – é a parte de Termoquímica! Essa parte é mais pesada, é uma parte mais difícil, só que nós estamos aqui pra quê? Para dar uma ajudada, para vocês aprenderem melhor e para facilitar a vida de vocês. Primeiro, vou fazer uma introdução do que significa ‘Termoquímica’.”	das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)	processo de assimilação	interesse e expectativas dos alunos quanto ao conteúdo de Termoquímica.
	dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)	desenvolvimento de determinado conteúdo químico	objetivos do professor para o ensino e a aprendizagem da Termoquímica.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A partir da análise da manifestação **Prof_Magnólia: E.A1_L04-08**⁶⁰, observa-se que a professora inicia o conteúdo desmistificando a ideia de que os estudos da Química são difíceis. Esse procedimento está em concomitância com o que afirma Benedicto (2016) a respeito da necessária aproximação entre professor e aluno. Portanto, considera-se que tal manifestação pode ser classificada como uma evidência, enquadrada nos domínios dos **Conhecimentos das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)** e dos **Conhecimentos dos Parâmetros da Aprendizagem em Química (KCLS)**, uma vez que se refere a um dos papéis do professor de Química: o de mediador ou de intérprete do processo de ensino e aprendizagem, conforme aponta Soares (2012) ao abordar a epistemologia do processo de ensino. A Prof.^a Magnólia afirma que ensina o conteúdo de um modo que facilite a vida dos alunos, aliando os objetivos de aprendizagem aos interesses e às expectativas desse público-alvo. Essa afirmação pode ser fundamentada em Chassot (2014), quando o autor aborda pra que(m) é útil o ensino.

Em seguida, a partir da exemplificação de reações químicas e das transformações físicas que ocorrem no cotidiano dos alunos, a professora mobiliza os conhecimentos sobre reações endotérmicas e exotérmicas, conforme expõe o quadro 21.

⁶⁰ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 04 a 08”.

Quadro 21 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 09 a 19; e 19 a 24), concomitantemente à entrevista com a professora (linhas 01 a 03).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A1_L09-19: “A Termoquímica estuda a energia, o calor envolvido nas reações químicas. E começamos pela entalpia: toda reação química precisa de entalpia para acontecer. Ou absorvendo ou liberando energia, liberando entalpia [...]. Quando uma reação absorve energia ou, ainda, precisa absorver calor para acontecer, ela é chamada de ‘reação endotérmica’. ‘Endotérmica’ é o calor pra dentro. Ela precisa de calor pra acontecer [...]. E um exemplo de reação química endotérmica, simples, na casa de vocês – pra vocês verem que a Química não tá longe de vocês –, eu acredito que vocês devam fazer muitas reações endotérmicas. Por exemplo, eu quero colocar a água para ferver para fazer café. Se eu deixar a água em cima da minha pia, ela vai ferver? Não, né? Eu preciso colocar ela numa fonte de energia, porque ela precisa de uma fonte externa para acontecer. Então, a transformação física de ebulição, de evaporação (que vocês estudaram no 1.º ano) precisa de calor para acontecer.”</p> <p>Entr_ProfMagnólia_L01-03: “Eu sempre tento casar os conceitos que eles trazem do 1.º ano com os que eles estão vendo no 2.º ano, me facilita e mostra funcionalidade. Por que eu aprendi aquilo? Qual a função de eu ter aprendido aquilo? Agora, eu estou vendo aquilo, entendendo.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições	uma definição de uma reação química endotérmica.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	uma exemplificação de uma reação endotérmica a partir do cotidiano dos alunos: fazer café.
	da Estrutura da Química (KSC)	estrutura da Química e suas conexões no contexto da própria disciplina	uma conexão de conhecimento devido à construção ou ao desenvolvimento de um novo conteúdo: ebulição (transformação física) e Termoquímica.
	do Ensino de Química (KCT)	estratégia de ensino	uma aproximação do conteúdo em relação aos cotidianos dos alunos, por meio da fervura da água para se fazer um café.
<p>Prof_Magnólia: E.A1_L19-24: “E no caso se eu quiser colocar essa água no congelador para eu tomar um tereré nesse calor de 40°C? Essa água irá absorver ou liberar calor? Nesse caso, ela vai liberar calor para o ambiente, pro meu congelador, né? Então, nesse caso, quando eu tenho uma reação que libera calor, que libera entalpia, eu vou chamar ela de ‘reação exotérmica’.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	uma exemplificação de uma reação endotérmica do cotidiano dos alunos: congelamento da água para tomar tereré.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na manifestação **Prof_Magnólia: E.A1_L09-19**⁶¹, é possível observar a conexão entre os subdomínios do modelo de **Conhecimentos Especializados de Professores de Química** (CTSK), nos subdomínios dos **Conhecimentos dos Tópicos** (KoTC) e dos **Conhecimentos do Ensino da Química** (KCT). Isso pode ser confirmado na entrevista, no trecho **Entr_ProfMagnólia_L01-03**⁶². Por meio de uma estratégia de ensino, a professora também faz conexões, no contexto da disciplina de Química, ao conteúdo inicial de Termoquímica, ao abordar a ebulição e o resfriamento da água para fazer, respectivamente, um café e um tereré, definindo e conceituando as transformações endotérmicas e exotérmicas, conforme afirmam Brown, Lemay e Bursten (2005), Castro *et al.* (2008) e Rezende (2019). Para isso, são mobilizados tanto os **Conhecimentos Químicos** (CK) quanto os **Conhecimentos Didáticos de Conteúdo** (PCK).

Em seguida, a professora aborda os conceitos de “reações endotérmicas” e “reações exotérmicas”, ainda recorrendo a exemplos, como os da produção do sabão e da descoloração de pelos. É o que mostram os quadros 22, 23 e 24, com as manifestações **Prof_Magnólia: E.A1_L28-36**⁶³, **Prof_Magnólia: E.A1_L38-44**⁶⁴ e **Prof_Magnólia: E.A1_L44-49**⁶⁵.

Quadro 22 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 28 a 36).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
. Prof_Magnólia: E.A1_L28-36: “Uma reação química, aí, que é exotérmica, que libera calor para acontecer? Combustões ou queimas. Chega perto aí dessas queimadas que estão acontecendo em nosso estado, que chega a ser uma coisa vergonhosa... Esses dias eu estava voltando da Chapada dos Guimarães às 21h e do meu lado do motorista eu senti uma fumaça, um fogaréu todo coberto de fogo. Eu senti dentro do carro, a sensação de calor. Quando eu me aproximo de uma reação exotérmica, eu sinto a troca de calor da	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições	uma definição de uma reação de combustão: queima.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	uma exemplificação de uma reação de combustão: as queimadas que ocorreram em Mato Grosso durante 2020.
	das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)	elemento facilitador ou o que pode imobilizar o conhecimento	interesse e expectativas dos alunos quanto às queimadas de maneira interdisciplinar com a Geografia.

⁶¹ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 09 a 19”.

⁶² Abreviação para “Entrevista com a Prof.^a Magnólia, linhas 01 a 03”.

⁶³ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 28 a 36”.

⁶⁴ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 38 a 44”.

⁶⁵ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 44 a 49”.

reação com o ambiente. Por isso, ela libera o calor, a energia. Isso a gente vai discutir melhor com a professora de Geografia – as queimadas do cerrado. Então, quando eu pego num recipiente que esquentou, é porque a reação química liberou calor.”		da Química	
---	--	------------	--

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na manifestação **Prof_Magnólia: E.A1_L28-36** (quadro 22), a professora relata um episódio pessoal, a respeito das queimadas ocorridas no estado de Mato Grosso durante o ano de 2020. Com base nesse exemplo, ela explica as reações de combustão, mobilizando dois subdomínios: o dos **Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC)** e dos **Conhecimentos das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)**. Trata-se de uma abordagem interdisciplinar, de acordo com o que afirmam Leal e Mortmer (2008) e Lima (2012). A Prof.^a Magnólia relata que a professora de Geografia irá explicar melhor a problemática das queimadas no cerrado mato-grossense. Na aula de Química, serão mobilizados, sobretudo, os conhecimentos em relação às características das reações de combustão.

Quadro 23 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 38 a 44).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A1-L38-44: “E quando eu pego nesse mesmo recipiente e esfriou, é porque a reação química absorveu calor do ambiente. Mais uma vez, pra vocês perceberem que essas reações estão no nosso dia a dia: meninas aí que descolorem os pelos, que pegam aí a água oxigenada cremosa, com pó descolorante ou amoníaco, quando misturam esses dois reagentes, não percebem que a vasilha fica fria? Já perceberam isso? A vasilha fica gelada! Por que isso acontece? Porque, pra reagir, a água oxigenada com o pó descolorante, a reação química, para acontecer, precisa absorver calor do ambiente. Daí, esfria, dá aquela sensação de gelado, ainda mais se a vasilha for de ferro.”</p> <p>Entr_ProfMagnólia_L22-24:</p>	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)</p>	<p>processo de assimilação</p>	<p>uma exemplificação: descoloração de pelos.</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>definições</p>	<p>conceitos de reações endotérmicas (que esfriam).</p>

<p>“Eu julgo ser uma boa estratégia de ensino, facilitando a assimilação com o conteúdo, a explicação a partir de exemplos, pois, assim, os alunos podem ver na prática, quero dizer, no dia a dia deles, as reações químicas que estudamos em sala de aula.”</p>			
---	--	--	--

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na manifestação no quadro 23, a Prof.^a Magnólia discorre sobre as reações endotérmicas, que são aquelas nas quais o pacote de calor do sistema não é liberado para o meio exterior (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005). A entrevista **Entr_ProfMagnólia_L22-24**⁶⁶ confirma a utilização de exemplos para aproximar os alunos do conteúdo de Termoquímica, o que vai ao encontro do que relata Rezende (2018) a respeito das dificuldades em ensinar o conteúdo em questão. Dessa forma, a professora conecta os conhecimentos dos dois domínios do modelo – o dos **Conhecimentos Químicos** (CK) e o dos **Conhecimentos Didáticos de Conteúdo** (PCK). Em seguida, no quadro 24, analisa-se a manifestação **Prof_Magnólia: E.A1-L44-49**⁶⁷.

Quadro 24 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 44 a 49).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A1-L44-49: “Outro exemplo, pra vocês verem uma reação química que tá aí na casa de vocês! Quando a mãe de vocês ou a avó vai fazer sabão, mistura lá, né? O óleo usado, que não pode jogar fora por conta da poluição, pode reagir com a soda cáustica, que vocês estudaram no ano passado como hidróxido de sódio, NaOH. Daí, nessa mistura, com um pouco de etanol, a mistura esquenta, não é? Eu pego no balde, e o balde tá quente. Por que essa reação libera calor? Então, isso tem que ficar muito claro na nossa aula de hoje. Reações que absorvem calor, precisam de calor são reações endotérmicas. E reações que liberam calor, soltam calor são exotérmicas.”</p>	<p>da Estrutura da Química (KSC)</p>	<p>estrutura da Química e suas conexões no contexto da própria disciplina</p>	<p>uma conexão de conhecimento, devido à construção ou o desenvolvimento de um novo conteúdo: bases de Arrhenius (hidróxidos) e reação exotérmica.</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>definições</p>	<p>conceitos de reações exotérmicas (que esquentam), a partir de exemplos.</p>
	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)</p>	<p>processo de assimilação</p>	<p>uma exemplificação: síntese do sabão.</p>

⁶⁶ Abreviação para “Entrevista com a Prof.^a Magnólia, linhas 22 a 24”.

⁶⁷ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 44 a 49”.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na manifestação **Prof_Magnólia: E.A1-L44-49**, a Prof.^a Magnólia disserta sobre a reação de produção do sabão caseiro. A partir da entrevista apresentada no quadro 24 (**Entr_ProfMagnólia_L22-24**), percebe-se que a exemplificação é uma das estratégias de ensino conscientemente utilizadas pela profissional. O objetivo é aproximar os alunos do conteúdo químico – seja com o exemplo das queimadas, da descoloração dos pelos ou da fabricação do sabão caseiro. Desse modo, os alunos conseguem assimilar mais facilmente a diferença entre reações endotérmicas e exotérmicas, com base na energia que entra ou que sai do sistema. No quadro 25, tem-se a manifestação **Prof_Magnólia: E.A1-L49-60**⁶⁸.

Quadro 25 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 49 a 60), concomitantemente com a entrevista com a professora (linhas 01 a 03).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Magnólia: E.A1_L49-60: “A fusão... Mas o que é fusão? Lembram? Do 1.º ano do Ensino Médio ou de Ciências, lá do Ensino Fundamental? ‘Fusão’ é a passagem do sólido para o líquido. Quando eu tiro o meu gelo do congelador e ele começa a derreter, o momento exato que começa a escorrer líquido lá da minha forminha de gelo é o meu processo de fusão. É uma transformação física, lembraram, né? Mas vamos mudar um pouquinho o nosso reagente: eu compro uma barra de prata e quero derreter essa prata pra fazer uma corrente? Fusão. O momento exato que o sólido se torna líquido é a fusão. Pensem: é o calor pra dentro ou pra fora? Ele absorveu ou liberou calor? Ele absorveu... Ele absorveu calor e derreteu! A fusão é o processo que absorve calor para acontecer. Agora, ao invés da prata, eu tenho ouro. Eu tenho uma barra de ouro e quero derreter para fazer uma aliança. Pra isso acontecer, eu preciso colocar ela em alta temperatura, ou	da Estrutura da Química (KSC)	estrutura da Química e suas conexões no contexto da própria disciplina	uma conexão de conhecimento, devido à construção ou ao desenvolvimento de um novo conteúdo: transformações físicas (fusão) e Termoquímica.
	dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)	parâmetros curriculares	conteúdos do 1.º ano do Ensino Médio de Química (introdução ao estudo da Química) e do 2.º ano (Termoquímica).
	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	uma exemplificação de transformações físicas: fusão da água, da prata e do ouro.

⁶⁸ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 49 a 60”.

<p>não? Eu preciso absorver calor, ou não? Então, é uma reação endotérmica: calor pra dentro.”</p> <p>Entr_ProfMagnólia_L01-03: “Eu sempre tento casar os conceitos que eles trazem do 1.º ano com os que eles estão vendo no 2.º ano. [Isso] me facilita e mostra funcionalidade: ‘por que eu aprendi aquilo?’, ‘qual a função de eu ter aprendido aquilo?’, ‘agora eu estou vendo aquilo, entendendo’.”</p>			
---	--	--	--

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na primeira manifestação do quadro 25 (**Prof_Magnólia: E.A1_L49-60**), são mobilizados conhecimentos de parâmetros escolares dos conteúdos de Química, ministrados no 1.º e 2.º anos do Ensino Médio, de acordo com as determinações da BNCC (BRASIL, 2017). A professora estabelece uma relação entre os conceitos aprendidos nesses dois anos, conforme é relatado na entrevista (**Entr_ProfMagnólia_L01-03**). De acordo com a professora, relacionar os conteúdos mostra a funcionalidade do ensino. Trata-se também de uma das suas estratégias de ensino, definindo, a partir do exemplo da fusão da água e de materiais como o ouro e a prata, as transformações físicas que são classificadas como exotérmicas. Por isso, nesse trecho, considerou-se que a Prof.^a Magnólia fez uso dos **Conhecimentos da Estrutura da Química (KSC)**, dos **Conhecimentos dos Parâmetros de Aprendizagem da Química (KCLS)** e dos **Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC)**.

A seguir, no quadro 26, é apresentada a manifestação **Prof_Magnólia: E.A1-L60-66**⁶⁹. Nela, a professora exemplifica a reação de solidificação, nos mesmos termos na manifestação anterior (**Prof_Magnólia: E.A1-L49-60**).

⁶⁹ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 60 a 66”.

Quadro 26 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 60 a 66).

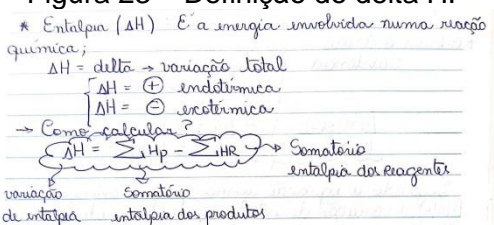
Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_ Magnólia: E.A1-L60-66: “E quando ela libera calor, ela precisa de baixar temperatura – é exotérmica. Uma chama está liberando calor para acontecer, solidificação... Lembrem-se do 1.º ano, solidificação, a passagem do líquido para o sólido, é exotérmica. Ela não quer altas temperaturas, ela está liberando calor para acontecer. Então, eu tenho uma reação exotérmica. Ok? Depois de moldado a minha aliança lá de ouro, eu deixo ela esfriar, e esse é um processo exotérmico. Libera calor para o ambiente. Certo? Certo!”	dos Tópicos de Química (KoTC)	aplicações	uma exemplificação de transformação da matéria – a solidificação.
	dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)	sequência dos conteúdos	uma relação de conteúdos do 1.º ano (solidificação) com os do 2.º ano (reação exotérmica).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Em seguida, ainda em se tratando da aula 1, a Prof.^a Magnólia introduz os cálculos de entalpia, explicando o processo da subtração do somatório de energia dos produtos e dos reagentes e, ao realizar os cálculos, definindo o que é o “delta H”, a variação de energia. Depois disso, ela mostra como podem ser interpretados os resultados numéricos – se a reação química deve ser classificada como “endotérmica” ou “exotérmica” e o porquê. No quadro 27, é apresentada a manifestação referente a tais definições (**Prof_ Magnólia: E.A1_L68-80⁷⁰**).

⁷⁰ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 68 a 80”.

Quadro 27 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 68 a 80).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A1_L68-80:</p> <p>Figura 23 – Definição do delta H.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula da Prof.^a Magnólia (2020).</p> <p>“Outra coisa que eu quero falar pra vocês sobre essa parte de Termoquímica. O que é ‘entalpia’? É o nosso delta H. Vou colocar aqui no quadro: delta H. ‘H’ é a energia envolvida numa reação química. O ‘delta H’ é a variação dessa energia. Ele [o exercício] quer saber se, na reação, a variação de energia foi positiva ou se foi negativa. O que significa isso? Nós iremos fazer um cálculo pra isso. Se no nosso cálculo, o resultado for positivo, a reação é endotérmica. Ela absorveu calor. Calor pra dentro. Toda vez? Sim, toda vez que o meu cálculo der positivo, que tivermos um saldo positivo, é porque ela precisou absorver energia. Mas se toda vez que o delta H da reação for negativo, é o contrário, ela fez o quê? Ela liberou calor para acontecer. O saldo energético é negativo. Ela é exotérmica. Variou o delta H, o resultado da minha reação, se for positivo, ela é endotérmica, ela absorveu calor. Mas, se o valor for resultado for negativo, como -10, -20, -100, -400, não interessa o valor numérico, mas, sim, o sinal, então, é exotérmico. Estamos só falando em sinal, não de valor.”</p>	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições	uma definição de “entalpia” e de “variação de entalpia” (equivalente de energia): somatório dos produtos menos o somatório dos reagentes.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições	uma definição de “reação endotérmica” e “exotérmica”, a partir dos cálculos de entalpia.
	Conhecimento dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos	uma característica do resultado: quando e como classificar uma reação química em endotérmica e exotérmica.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	registros de representação	uma representação de um cálculo de delta H.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A partir da manifestação do quadro 27 e da análise da figura 22, entende-se que a Prof.^a Magnólia, a partir da exemplificação e da mobilização de conceitos quanto à

classificação das reações endotérmicas e exotérmicas no cotidiano, em nível macroscópico, começa a relacionar os conceitos em nível microscópico, um procedimento que vai ao encontro do que propõem Freire e Fernandez (2014), Oliveira (2017) e Stahler (2017). Trata-se, novamente, de algo que remete a uma das dificuldades de ensinar o conteúdo de Termoquímica, que é a de relacionar, adequadamente, os conceitos de “entalpia” e “energia” em níveis macro e microscópico. A Prof.^a Magnólia mobiliza os **Conhecimentos dos Tópicos (KoTC)** para explicar a entalpia, a variação dessa variável termodinâmica e as classificações de reações químicas como exotérmicas e endotérmicas, além da interpretação do resultado numérico desse cálculo (valor positivo ou negativo).

Em seguida, no quadro 28, é apresentada a manifestação **Prof_Magnólia: E.A1_L80-84**⁷¹. A professora continua os cálculos, fazendo uso dos conhecimentos do mesmo subdomínio do modelo teórico CTSK, aplicando constructos matemáticos e os conceitos envolvidos nos cálculos de entalpia de reação, a 25°C e 1,0 atm de pressão, conforme também mostram Brown, Lemay e Bursten (2005).

Quadro 28 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 80 a 84).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Magnólia: E.A1-L80-84: “Como eu calculo o valor de delta H de uma reação química? O valor de delta H de formação, o nosso delta H é igual ao somatório da energia dos produtos menos o somatório das energias dos reagentes. Como eu vou saber disso? Ele vai dar os valores de todas as substâncias, não se preocupem. É só fazer a subtração. Estamos trabalhando a entalpia de reação, a energia de reação. Variação de entalpia é igual ao somatório da entalpia dos produtos menos o somatório da entalpia dos reagentes.”	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos	uma aplicação de constructos matemáticos para a resolução de um exercício: cálculo da entalpia de reação.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	definições	conceitos de cálculo de entalpia de reação.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Depois disso, a professora resolve um exercício que mobiliza os conceitos já vistos

⁷¹ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 80 a 84”.

na aula. É o que mostra o quadro 29, nas manifestações **Prof_Magnólia: E.A1_L85-94**⁷² e **Prof_Magnólia: E.A1_L95-103**⁷³, que abordam a reação de cloração de um hidrocarboneto. Contudo, o conteúdo reações orgânicas não é explorado a fundo, uma vez que está incluído na matriz do 3.º ano do Ensino Médio.

Quadro 29 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 85 a 94; e 95 a 103):

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A1_L85-94:</p> <p>Figura 24 – Exercício 1: entalpia.</p> <p>Exercício 1: Veja a entalpia padrão de formação, em kJ mol^{-1}, a 25°C, de substâncias:</p> <p>$\text{CH}_4(\text{g})$: -74,8 $\text{CHCl}_3(\text{l})$: -134,5 $\text{HCl}(\text{g})$: -92,3</p> <p>*Se realizarmos a reação de cloração do metano, qual será o valor da variação de entalpia do processo?</p> $\text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CHCl}_3(\text{l}) + 3\text{HCl}(\text{g})$ <p>↓ (-74,8) 3. (zero) ↓ (-134,5) + 3. (-92,3)</p> <p>(-74,8 kJ) → (-134,5 + (-276,9)) kJ</p> <p>-74,8 kJ → (-134,5 - 276,9) kJ</p> <p>-74,8 kJ → -411,4 kJ</p> <p>Reagentes Produtos Exotérmica</p> $\Delta H = \sum \Delta H_f(\text{produtos}) - \sum \Delta H_f(\text{reagentes})$ $\Delta H = (-411,4 - (-74,8)) \text{ kJ} \rightarrow -336,6 \text{ kJ}$ <p>Fonte: Cópia do quadro da aula da Prof.^a Magnólia (2020).</p> <p>“Segundo ponto, nessa aula 1, vocês não precisam se preocupar em copiar. Na aula 2, eu vou passar exercícios e daí eu mando os slides pra vocês. Se preocupem em entender primeiro. Vamos lá, juntos! Exercício 1: olhem aqui, eu tenho uma reação química aqui. Eu tenho: $\text{CH}_3 + 3 \text{Cl}_2$ formando $\text{CHCl}_3 + 3 \text{HCl}$. Isso é uma reação química. Eu preciso saber quem é produto, quem é reagente. Como eu vou saber disso? Lembra do 1.º bimestre: antes da seta, eu tenho o quê? Reagente ou produto? Eu tenho reagentes! Sempre, em uma reação química, antes da seta, eu tenho os reagentes. Qual o valor das entalpias aqui, pessoal?”</p>	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p> <p>da Estrutura da Química (KSC)</p>	<p>definições</p> <p>estrutura da Química e suas conexões no contexto da própria disciplina</p>	<p>uma definição de “entalpia” de formação de reação.</p> <p>um conhecimento pode ser utilizado (reagentes e produtos) para auxiliar a compreensão de um novo conhecimento (entalpia de formação).</p>

⁷² Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 85 a 94”.

⁷³ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 95 a 103”.

<p>Prof_ Magnólia: E.A1-L95-103: “Ele me deu a entalpia CH₃, mas não me deu a entalpia do Cl₂, é zero. Porque ele é uma substância simples. Mas o que é uma ‘substância simples’? É aquela onde a molécula é formada apenas por um único tipo de átomo formador. Nesse exemplo aqui do Cl₂, ele é formado apenas por átomos de cloro. Por isso que o exercício não me deu o valor de Cl₂. Então, em todas as substâncias simples possuem valor de entalpia igual a zero, como no N₂, Cl₂, O₂. Então, vamos voltar aqui: eu expliquei substâncias simples – são aquelas formadas por um único tipo de elemento químico. Mas, quando eu tenho mais de um elemento formador, no caso da água, por exemplo, H₂O, CO₂, CH₄, então, o valor de entalpia não é zero. Então, eu preciso ter um valor de entalpia. Entenderam, então? Substância simples, nos reagentes ou nos produtos, vale sempre zero.”</p>	<p>da Estrutura da Química (KSC)</p>	<p>estrutura da Química e suas conexões no contexto da própria disciplina própria disciplina</p>	<p>um conhecimento que pode ser utilizado (Substâncias Simples e Compostas) para auxiliar a compreensão de um novo conhecimento (entalpia de formação).</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>registos e representações</p>	<p>uma representação de substâncias simples, como o gás cloro (Cl₂), e compostas, como a água (H₂O).</p>
	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)</p>	<p>processo de assimilação</p>	<p>uma simplificação dos conceitos de “entalpia” e de “padrão de reação” para substâncias simples.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Nesse ponto da aula, os procedimentos da Prof.^a Magnólia se assemelham aos do Prof. Carvalho, uma vez que ambos discorrem sobre as representações das substâncias simples e fazem uma simplificação do conceito de “entalpia padrão de reação” para as mesmas espécies, explicando o porquê do valor numérico do cálculo da variação de entalpia – quando substâncias simples estão presentes nos reagentes ou nos produtos, em uma transformação química, o valor de entalpia equivale a zero, conforme vimos na manifestação **Prof_Carvalho: E.A2_L47-52**⁷⁴. Ambos os participantes apresentam os mesmos conhecimentos ao mobilizar os conceitos em questão – trata-se dos **Conhecimentos das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)** e dos **Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC)**. Entretanto, os professores diferem quanto à classificação dos **Conhecimentos da Estrutura da Química (KSC)**, uma vez que o Prof. Carvalho não deixou claro que a intenção dele era aproximar o conceito de “substâncias simples”, visto no 1.º ano do Ensino Médio, de conceitos relacionados à Termoquímica. Por isso, tal manifestação não foi classificada como uma evidência. A

⁷⁴ Abreviação para “Evidência da aula 2 do Prof. Carvalho, linhas 47 a 52”.

seguir, no quadro 30, com as manifestações **Prof_Magnólia: E.A1_L104-118**⁷⁵ e **Prof_Magnólia: E.A1-L118-124**⁷⁶, a Prof.^a Magnólia discorre acerca dos cálculos de entalpia.

Quadro 30 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 104 a 118; 118 a 125).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
Prof_Magnólia: E.A1_L104-118: “Eu tenho que a entalpia que está em kJ por mol. Esse menos um aí do elevado significa por mol. Eu tenho então, pra 1 mol de cada substancia. 1 mol de CH ₄ . 1 mol de CHCl ₃ . 1 mol de HCl. Mas na reação eu não tenho 1 mol de cada substância. Eu tenho 1 mol de CH ₄ . 3 Mol de Cl ₂ . 1 Mol de CHCl ₃ e 3 mol de HCl. E agora, vamos lá colocar a entalpia, um embaixo do outro, igualzinho como tá lá nos slides. E agora? Lembrando que a entalpia do Cl ₂ é zero. Vamos lá nos meus produtos, qual o valor de entalpia do meu CHCl ₃ ? -134,5. Ele tem qual coeficiente estequiométrico? 1. Então, só vou colocar um. E agora o HCl, quantos HCl eu tenho? Eu tenho 3. Então, eu vou multiplicar a entalpia -92,3 por 3. Pois o valor -92,3 é pra cada um mol. Toda vez que no balanceamento eu tiver um número maior que 1, tiver no coeficiente 2 ou 3, eu vou ter que multiplicar o valor da entalpia por ele, pois esse valor é tabelado por mol. Então, vamos lá, quanto é -92,3 vezes 3? É igual a -276,9, que é isso que ele quer saber do exercício.	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos	uma aplicação de constructos matemáticos para a resolução de um exercício: cálculo da entalpia de reação.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos	características do resultado: classificação do exercício em “reação exotérmica”.
Prof_Magnólia: E.A1-L118-124: “Então, vamos lá: somatório da entalpia dos produtos menos o somatório da entalpia dos reagentes.	das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)	processo de assimilação	uma forma de se calcular a entalpia: “tudo separadinho, mais prático”.

⁷⁵ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 104 a 118”.

⁷⁶ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 118 a 124”.

<p>Então, eu vou somar todas as entalpias dos produtos aqui num cantinho. Vamos lá! Porque assim é mais prático, vai por mim, vamos fazer tudo separadinho, tudo devagarzinho. Vamos lá: $-134,5$ mais aqueles $-276,9$. Vamos somar esse valor aqui separadinho que vai dar $-411,4$ kJ. E, lá nos reagentes, apenas aqueles $-74,8$. Viu que fazer separadinho é muito mais prático? Agora, a gente vai pegar esse valor total dos produtos e subtrair dos reagentes: $-411,4 - (-74,8)$. Então, no jogo de sinal, a gente vai somar, né? Então, o nosso resultado final vai ser $-336,6$ kJ. E esse valor negativo, o que representa? Lembra da nossa aula de hoje? Pra gente amarrar todas as pontas, a parte de reação endotérmica e exotérmica e agora o nosso cálculo de entalpia? Eu tenho o quê? Quando o nosso cálculo dá negativo, eu tenho uma reação exotérmica. Então, ela vai o quê? Ela vai liberar calor. Perfeitinho? Perfeito.”</p>	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)</p>	<p>a expectativa do professor com relação a determinada aprendizagem</p>	<p>um entrelaçamento de conteúdos ensinados na aula: reações endotérmicas e exotérmicas e cálculo de entalpia.</p>
--	---	--	--

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Nessas manifestações, a Prof.^a Magnólia faz uso dos **Conhecimentos dos Tópicos** (KoTC), ao descrever os cálculos e as características dos resultados, relacionando esses conteúdos aos **Conhecimentos das Características de Aprendizagem da Química** (KFLC) e aos **Conhecimentos dos Parâmetros da Aprendizagem de Química** (KCLS), ao explicar o método de cálculo. A professora separa os produtos dos reagentes e só depois aplica a equação do cálculo de delta H, na qual subtrai a energia total dos produtos e dos reagentes. Em seguida, nos quadros 31 e 32, a Prof.^a Magnólia aplica mais um exercício e finaliza a sua primeira aula. É esse, respectivamente, o conteúdo das manifestações **Prof_Magnólia: E.A1_L127-140**⁷⁷ e **Prof_Magnólia: E.A1-L141-146**⁷⁸.

⁷⁷ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 127 a 140”.

⁷⁸ Abreviação para “Evidência da aula 1 da Prof.^a Magnólia, linhas 141 a 146”.

Quadro 31 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 127 a 140).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador								
Evidências									
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...						
<p>Prof. Magnólia: E.A1_L127-140:</p> <p>Figura 25 – Exercício 2.</p> <p><i>Exercício 2 (UERJ) O alumínio é utilizado como redutor de óxidos, no processo chamado de aluminotermia, conforme mostra a reação química:</i></p> $8\text{Al}(s) + 3\text{Mn}_2\text{O}_3(s) \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_3(s) + 9\text{Mn}(s)$ <p>* Observe a tabela</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Entalpia de formação (ΔH_f a 298,15 K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\text{Al}_2\text{O}_3(s)$</td> <td>-1667,8 kJ mol⁻¹</td> </tr> <tr> <td>$\text{Mn}_2\text{O}_3(s)$</td> <td>-1385,3 kJ mol⁻¹</td> </tr> </tbody> </table> <p>Segundo a equação acima, para a obtenção de $\text{Mn}(s)$, a variação de entalpia, na temperatura de 298,15 K, em kJ, é de:</p> $8\text{Al}(s) + 3\text{Mn}_2\text{O}_3(s) \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_3(s) + 9\text{Mn}(s)$ <p>$\Delta H = \sum \Delta H_f(\text{produtos}) - \sum \Delta H_f(\text{reagentes})$</p> $\Delta H = (4 \cdot (-1667,8) + 9 \cdot 0) - (8 \cdot 0 + 3 \cdot (-1385,3))$ $\Delta H = (-6671,2) - (-4155,9) \text{ kJ}$ $\Delta H = -2515,3 \text{ kJ}$ <p><i>endotérmica</i></p> <p>Fonte: Cópia do quadro da aula da Prof.^a Magnólia (2020).</p> <p>“Então, eu fiz esse primeiro com vocês. Vamos agora pra segundo, que é a tarefinha pra ver se vocês entenderam certinho. Se não tiveram dúvidas, se a parte de endotérmico e exotérmico, os cálculos, os resultados, se a gente aprendeu mesmo, ok? Vamos lá, então! [lendo] ‘O alumínio é utilizado como redutor de óxidos no processo chamado de ‘aluminotermia’, conforme mostra a reação química’... Agora, a gente tem que saber quem é reagente e quem é produto. Reagentes é o nosso $8\text{Al} + 3\text{Mn}_2\text{O}_4$. E produtos? É o $4\text{Al}_2\text{O}_3$ e 9Mn. Agora, a gente vai calcular a variação de entalpia, o delta H. Olha os valores que estão tabelados aí pra vocês: temos tabelados os valores de Al_2O_3 e de Mn_2O_4. Não quero que vocês decorem esses valores, porque não é a minha intenção. Isso é tabelado em experimentos químicos; a gente aqui só aplica esses valores, porque os valores variam de exercício para exercício. Então, voltando aqui, vocês já sabem como resolver os exercícios. O próprio exercício já deu a reação ajustada, balanceada.”</p>	Substância	Entalpia de formação (ΔH_f a 298,15 K)	$\text{Al}_2\text{O}_3(s)$	-1667,8 kJ mol ⁻¹	$\text{Mn}_2\text{O}_3(s)$	-1385,3 kJ mol ⁻¹	dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)	a expectativa do professor com relação a determinada aprendizagem	um entrelaçamento de conteúdos ensinados na aula: reações endotérmicas e exotérmicas, cálculo de entalpia e interpretação dos resultados.
Substância	Entalpia de formação (ΔH_f a 298,15 K)								
$\text{Al}_2\text{O}_3(s)$	-1667,8 kJ mol ⁻¹								
$\text{Mn}_2\text{O}_3(s)$	-1385,3 kJ mol ⁻¹								
	dos Tópicos de Química (KoTC).	procedimentos teóricos	normas e procedimentos teóricos responsáveis por se obter o resultado de variações de entalpia em uma reação química, comparando e discutindo os valores obtidos por meio dos cálculos.						
	do Ensino de Química (KCT)	estratégias de ensino (interpretação)	uma interpretação dos dados do exercício sobre valores de entalpia: “Não quero que vocês decorem esses valores, porque não é a minha intenção...”.						

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 32 – Transcrição da aula 1 da Prof.^a Magnólia (linhas 141 a 146).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A1-L141-146: “E lembrando que os valores que estão tabelados aqui são pra substâncias compostas. As simples valem zero, ok? Então, agorinha a gente volta para encerrar a nossa aula. Não esqueçam dos cálculos, dos sinais. Porque se errar o sinal, erra tudo, ok? Vou passar a resposta final pra ajudar vocês, porque o caminho é mais importante pra mim que o resultado final. Quero saber como é que vocês chegaram até ali. Vamos lá, então. A resposta final é $-2515,3$ kJ. No mais, pessoal, um beijo pra vocês e até semana que vem, amados! Tchau, tchau.”</p>	do Ensino de Química (KCT)	estratégias de ensino (interpretação)	uma trajetória dos cálculos envolvidos na reação química: “Porque o caminho é mais importante pra mim que o resultado final. Quero saber como é que vocês chegaram até ali”.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Nessa finalização de aula, destacam-se dois aspectos. Em primeiro lugar, na manifestação **Prof_Magnólia: E.A1_L127-140**, a professora afirma que a sua intenção não é que os estudantes memorizem os valores de energia de formação das espécies e deixa bem claro que esta é uma das suas estratégias de ensino. Chassot (2014), Oliveira (2018) e Rezende (2019) abordam a prática de memorizar de fórmulas, equações, reações e mecanismos da Química como um dos desafios de ensinar a disciplina. O segundo aspecto refere-se à manifestação **Prof_Magnólia: E.A1-L141-146**. Nela, a professora defende que o caminho pelo qual os alunos resolvem os cálculos pertinentes à Termoquímica é mais importante do que o resultado final. Essa afirmação remete aos ensinamentos de Rezende (2019). Nesse trecho da aula 1, a professora mobiliza os **Conhecimentos do Ensino de Química (KCT)** e dos **Conhecimentos dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)**, ao fazer um entrelaçamento com os conteúdos construídos anteriormente nessa primeira aula, referindo exemplificações, cálculos de entalpia e classificação de reações termodinamicamente. Além disso, faz uso dos **Conhecimentos dos Tópicos (KoTC)**.

Concluídas as análises da aula 1, começa-se a analisar a segunda aula da professora. Em seguida, tem-se o quadro 33.

Quadro 33 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 02 a 08).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A2-L02-08: “Então, pessoal, continuando o nosso conteúdo de Termoquímica, hoje estudaremos a lei de Hess. Estudamos já o que era uma reação endotérmica e exotérmica, né? Que absorve e libera calor, né? Pessoal, vocês não precisam ficar nervosos, porque as contas são grandes, [mas] não tem mistério. Hoje iremos desvendar juntos a lei de Hess. E vocês vão entender como esses conteúdos estão interligados, tá bom? Esse é o propósito da nossa aula de hoje. Então, a lei de Hess nada mais, nada menos é uma forma de calcular a fórmula de entalpia de reação. A gente calcula a entalpia de uma reação, a partir de outras reações – ou seja, a partir de outras reações, eu calculo a entalpia de uma reação principal que o exercício pede. Vou compartilhar a tela [do computador] para começarmos.”</p>	do Ensino de Química (KCT)	estratégia de ensino	uma conexão entre os conteúdos da aula em questão (lei de Hess) com a anterior (reações endotérmicas e exotérmicas).
	das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)	ao processo de assimilação	uma aproximação na relação professor-aluno: “hoje iremos desvendar juntos a lei de Hess”.
	dos Tópicos (KoTC)	definições	uma definição da lei de Hess: cálculo da entalpia de uma reação a partir de outras.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

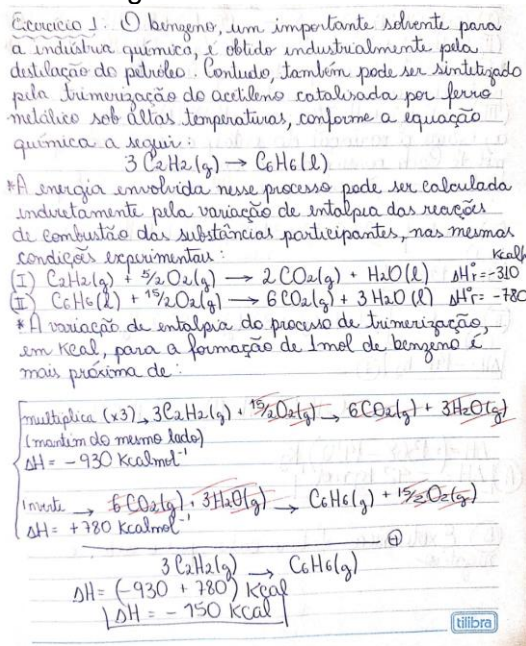
A partir da segunda aula, na manifestação **Prof_Magnólia: E.A2-L02-08**⁷⁹, a professora deixa claros os seus objetivos para com os alunos e o conteúdo, principalmente na frase: “*Pessoal, vocês não precisam ficar nervosos, porque as contas são grandes, [mas] não tem mistério. Hoje iremos desvendar juntos a lei de Hess. E vocês vão entender como esses conteúdos estão interligados, tá bom? Esse é o propósito da nossa aula de hoje*”. Nessa manifestação, a Prof.^a Magnólia faz uso dos **Conhecimento das Características de Aprendizagem da Química** (KFLC), dando ênfase à relação professor-aluno, ao referir que a turma irá desvendar junto com ela, professora, a lei de Hess. Além disso, é possível identificar a mobilização dos **Conhecimentos do Ensino de Química** (KCT), quando a participante aborda um novo conteúdo, relacionando-o com o mobilizado uma semana atrás, na aula 1, e dos **Conhecimentos dos Tópicos** (KoTC), a partir da definição da mesma lei e dos cálculos de entalpia de uma reação. Nesse ponto,

⁷⁹ Abreviação para “Evidência da aula 2 da Prof.^a Magnólia, linhas 02 a 08”.

vale destacar que a Prof.^a Magnólia realiza a conexão entre os domínios dos **Conhecimentos Químicos (CK)** e dos **Conhecimentos Didáticos de Conteúdo (PCK)**.

A seguir, no quadro 34, a professora já inicia os cálculos da lei de Hess, aplicando-a a um exercício. Para isso, faz uso dos **Conhecimentos dos Tópicos (KoTC)**. A manifestação **Prof_Magnólia: E_A2-L10-23**⁸⁰ foi cotejada com a entrevista (**Entr_ProfMagnólia_L05-08**), com o intuito de confirmar a evidência de conhecimento. Foi possível, então, identificar dois conhecimentos: dos **Tópicos de Química (KoTC)** e do **Ensino de Química (KCT)**, mais uma vez estabelecendo a conexão entre os domínios do modelo CTSK.

Quadro 34 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 10 a 23).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A2-L10-23:</p> <p>Figura 26 – Exercício 1.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula da Prof.^a Magnólia (2020).</p> <p>“Olha esse exercício aqui, o número 1. Vou começar pelo exercício e iremos fazer juntos. [...] O exercício te dá uma</p>	<p>dos Tópicos (KoTC)</p> <p>Conhecimentos do Ensino de Química (KCT)</p>	<p>aplicação</p> <p>Estratégias de Ensino</p>	<p>uma aplicação da lei de Hess em um exercício.</p> <p>uma desmistificação dos cálculos de lei de Hess por parte dos alunos.</p>

⁸⁰ Abreviação para “Evidência da aula 2 da Prof.^a Magnólia, linhas 10 a 23”.

<p>reação principal. Mas por que tem mais essas duas equações? É que, no processo de cima, que queremos utilizar, pode ser calculado indiretamente por essas equações de baixo. Então, tá, ele pode calcular a entalpia de reação aqui do benzeno, a partir das outras. E isso é lei de Hess. É calcular a entalpia de reação a partir de outras, pode ser duas ou três. Vamos resolver o exercício juntos. Ele te deu a equação principal: é a formação de 3 C₂H₂ formando C₆H₆. Essa é a equação que eu quero chegar. É dessa equação que eu quero calcular o delta H, a partir dessas duas equações. Essas duas que o exercício te deu. A primeira é essa aqui: C₂H₂ + 5/2 O₂ formando 2 CO₂ + H₂O. E ele te deu a entalpia dessa reação, eu preciso da entalpia dessa reação, porque é a partir dessa que iremos calcular o delta H da reação principal. Então, o delta aqui vale -310 kcal/mol. E agora a segunda equação: C₆H₆ + 15/2 O₂ formando 6 CO₂ + 3 H₂O. E ele te deu o delta H dessa reação. A entalpia dessa reação: -780 kcal/mol. E agora, o que eu faço, prof? Eu vou ver como essas equaçõezinhas podem chegar naquela principal.”</p> <p>Entr_ProfMagnólia_L05-08: “Quando a gente começa a explicação diretamente na prática, também pra mostrar que pra que serve a lei de Hess. Por isso, trabalhar os exercícios diretamente é de grande valia. E pra desmistificar também... O que era complicado acaba nem sendo tão difícil. A prática leva ao entendimento.”</p>			
---	--	--	--

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Após a apresentação do exercício, a Prof.^a Magnólia o resolve com os estudantes, recorrendo à aplicação da lei de Hess. Nessa altura, faz uso dos conhecimentos dos **Tópicos de Química (KoTC)**, tirando uma dúvida de um dos alunos sobre um aspecto do exercício. Depois disso, a professora afirma que o exercício se refere a uma das questões do Enem de 2016. Isso pretende estimular os alunos, mostrando que eles estão sendo preparados para um exame importante, que eles “*dão conta de resolver os exercícios iguais a esse do Enem, mesmo na pandemia*”. Na manifestação **Prof_Magnólia:**

E.A2_L70-75⁸¹, foram mobilizados os **Conhecimentos das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)**, os **Conhecimentos dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)**, os **Conhecimentos do Ensino da Química** e os **Tópicos da Química (KoTC)**. Em seguida, apresentam-se os quadros 35, 36, 37 e 38, com as manifestações **Prof_Magnólia: E.A2_L24-33⁸²**, **Prof_Magnólia: E.A2_L34-50⁸³**, **Prof_Magnólia: E.A2_L51-60⁸⁴**, **Prof_Magnólia: E.A2_L61-66⁸⁵** e **Prof_Magnólia: E.A2_L70-75**.

Quadro 35 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 24 a 33).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A2-24-33: “Primeiro: eu observo que tenho C_2H_2 no reagente e na equação que eu quero chegar. Tenho C_2H_2 no reagente também. Então, vou manter ela do jeito que está, porque ela tem o que eu quero no reagente. Quem é reagente, C_2H_2? Então, eu mantenho ela. Mas lá eu tenho $3C_2H_2$ na reação principal e ali eu tenho apenas 1. Então, eu vou manter a equação, mas eu vou multiplicar ela por quanto? Por 3. Porque eu tenho 3 mol de C_2H_2 nos reagentes. Então, já posso fazer a primeira mudança, multiplicar a equação toda por 3. Mas atenção! Vou multiplicar toda a equação 1 por 3. Para igualarmos ao que a gente quer, a equação que a gente vai chegar, ela necessita ter 3 C_2H_2. Então, eu vou multiplicar junto. Então, o que eu tenho? $3C_2H_2 + 15/2 O_2$ formando $6 CO_2 + 3 H_2O$. E o valor da entalpia, o que eu faço? Eu multiplico por 3.”</p>	<p>dos Tópicos de Química (KoTC).</p>	<p>procedimentos Teóricos</p>	<p>normas e procedimentos teóricos responsáveis por se obter o resultado de variações de entalpia numa reação química, a partir dos dados de outras reações.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

⁸¹ Abreviação para “Evidência da aula 2 da Prof.^a Magnólia, linhas 70 a 75”.

⁸² Abreviação para “Evidência da aula 2 da Prof.^a Magnólia, linhas 24 a 33”.

⁸³ Abreviação para “Evidência da aula 2 da Prof.^a Magnólia, linhas 34 a 50”.

⁸⁴ Abreviação para “Evidência da aula 2 da Prof.^a Magnólia, linhas 51 a 60”.

⁸⁵ Abreviação para “Evidência da aula 2 da Prof.^a Magnólia, linhas 61 a 66”.

Quadro 36 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 34 a 50; e 51 a 56).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia E_A2-L34-50: “Porque, na lei de Hess, a gente interpreta as reações químicas como se fossem equações matemáticas. Daí que eu posso multiplicar por 2, por três, mas respeitando o delta H, se eu mexer na equação, eu mexo no valor de delta H, ok? [...] -310 vezes 3 é igual a -930 kcal, certo? Eu mantenho o sinal de menos porque eu não inverti a equação, eu mantenho o sinal negativo. [...] Na segunda equação, eu tenho C₆H₆ no reagente, mas eu quero ele no produto. Então, o que eu vou fazer? Inverter. Como assim, inverter? Tudo que está nos reagentes, ficam nos produtos. E tudo que está nos produtos ficam nos reagentes. A gente vai chegar nessa equação principal [...]. E o que eu faço com o sinal agora? Se eu só inverti, eu mantenho o número, mas eu mudo o sinal, porque eu inverti o sinal. [É] que nem na Matemática, passando pro outro lado, eu posso mudar o sinal. Se tá somando, passa pro outro lado subtraindo. E se está subtraindo, passa pro outro lado somando. Muda o sinal. Então, eu vou mudar só o sinal aqui do 780. Então, ficamos com +780.”</p>	dos Tópicos (KoTC)	aplicação	um constructo matemático para solucionar uma questão em Termoquímica: “que nem na Matemática, passando pro outro lado, eu posso mudar o sinal. Se tá somando, passa pro outro lado subtraindo. E se está subtraindo, passa pro outro lado somando. Muda o sinal”.
	dos Tópicos de Química (KoTC)	procedimentos teóricos	uma norma e procedimentos teóricos responsáveis por se obter o resultado de delta H no exercício.
<p>Prof_Magnólia E_A2-L51-60: “E agora eu posso somar essas equações modificadas. Pra chegar na equação que eu quero [...], tudo que for igual nos reagentes e nos produtos, nas equações, repetindo, eu posso cortar. Isso quer dizer que eles vão ser consumidos ao longo do processo, tá legal? [...] Então, eu cheguei na equação que eu queria, na equação principal? Cheguei? Cheguei. Pronto! Eu cheguei nela. Agora que eu cheguei nela, eu vou calcular o delta H final a partir do delta H das outras equações. O delta H total é a somatória dos outros delta H. Então, -930 + 780. O sinal do maior é negativo; então, a resposta vai ser negativo. Então, o que eu tenho? -150 kcal/mol. É desse jeito que eu calculo pela lei de Hess.”</p>	dos Tópicos (KoTC)	definições	uma definição da lei de Hess: somatório das entalpias para calcular o delta H final.
	dos Tópicos de Química (KoTC).	procedimentos teóricos	normas e procedimentos teóricos responsáveis por se obter o valor numérico de delta H no exercício.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 37 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 61 a 66).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof. Magnólia: E.A2_L61-66: “Aluno_A: Professora, no segundo, ali, por que que inverteu mesmo?” Prof. Magnólia: Ah, beleza, eu quero dúvidas de vocês agora. Eu fiz o primeiro, agora quero ajudar vocês. Vamos lá: eu invertei a segunda porque a minha equação que eu quero chegar é essa daqui. Então, como eu quero chegar naquela ali, eu tenho que transformar as outras até elas ficarem iguais à primeira. E olha ali, o C₆H₆, ele está nos reagentes e na equação global, ela está nos produtos. Então, eu tive que inverter para que a gente chegasse onde queríamos.”</p>	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)</p>	<p>processos de dificuldades dos estudantes</p>	<p>uma explicação quanto à dúvida de um aluno quanto à inversão da segunda equação, para o C₆H₆ ficar localizado como produto de reação química.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

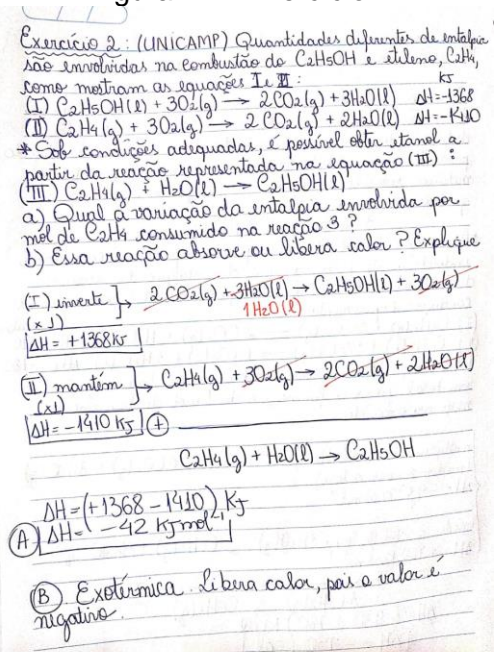
Quadro 38 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 70 a 75).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof. Magnólia: E.A2_L70-75: “E se eu contar que essa questão estava no Enem [Exame Nacional do Ensino Médio] 2016? Essa questão está na íntegra. Pra vocês entenderem a importância desse conteúdo aí, entalpia de reação e cálculo da entalpia de reação através da lei de Hess. Eu mando os <i>slides</i> depois pra vocês. Então, eu peguei na íntegra e sei que vocês dão conta de resolver os exercícios iguais a esses aí do Enem, mesmo na pandemia.”</p>	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)</p>	<p>meta quanto ao desenvolvimento de determinado conteúdo químico</p>	<p>aplicação de um exercício do Enem, que os alunos irão prestar no ano seguinte.</p>
	<p>do Ensino de Química (KCT)</p>	<p>estratégia de ensino</p>	<p>utilização de uma questão de Enem para motivar os alunos para a aprendizagem do conteúdo.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A Prof.^a Magnólia encerra a sua segunda aula com a aplicação de dois outros exercícios. De maneira semelhante ao exercício anterior, faz uso dos **Conhecimentos dos Tópicos de Química (KoTC)**, do **Conhecimento do Ensino de Química (KCT)** e dos **Conhecimentos dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)**, ao tirar uma dúvida de uma estudante. Em seguida, apresentam-se os quadros 39, 40 e 41.

Quadro 39 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 76 a 87).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A2-L76-87:</p> <p>Figura 27 – Exercício 2.</p>  <p>Exercício 2: (UNICAMP) Quantidades diferentes de entalpia são envolvidas na combustão de C_2H_5OH e etileno, C_2H_4, como mostram as equações I e II:</p> <p>(I) $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$ $\Delta H = -1368$ kJ</p> <p>(II) $C_2H_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = -1410$ kJ</p> <p>* Sob condições adequadas, é possível obter etanol a partir da reação representada na equação (III):</p> <p>(III) $C_2H_4(g) + H_2O(l) \rightarrow C_2H_5OH(l)$</p> <p>a) Qual a variação da entalpia envolvida por mol de C_2H_4 consumido na reação 3?</p> <p>b) Essa reação absorve ou libera calor? Explique.</p> <p>(I) invertido $\rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \rightarrow C_2H_5OH(l) + 3O_2(g)$ $\Delta H = +1368$ kJ</p> <p>(II) mantém $\rightarrow C_2H_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = -1410$ kJ</p> <p>$C_2H_4(g) + H_2O(l) \rightarrow C_2H_5OH$</p> <p>$\Delta H = (+1368 - 1410)$ kJ A) $\Delta H = -42$ kJ mol⁻¹</p> <p>B) Exotérmica. Libera calor, pois o valor é negativo.</p> <p>Fonte: Cópia do quadro da aula da Prof.^a Magnólia (2020).</p> <p>“Primeira coisa é encontrar qual é a reação principal, qual é a reação que eu vou calcular o delta H a partir das outras duas. Então, vamos lá! Então, ele quer calcular a variação de entalpia da equação 3. Então, vamos para o quadro. Ela [e equação] é a principal. Vou escrever ela aqui no quadro: $C_2H_4 + H_2O$ formando C_2H_5OH. Essa é a equação principal. Eu vou mexer nas outras, até chegar nessa primeira aí. Eu quero calcular o delta H da 3, a partir da 1 e da 2. Então, vamos juntos, olha a 1 aí. A primeira: $C_2H_5OH + 3 O_2$ formando $2 CO_2 + 3 H_2O$. Ele colocou que o delta H dessa reação é -1368 kJ/mol. É isso que eu tenho na primeira equação. E, na segunda equação, o que eu tenho? $C_2H_4 + 3 O_2$ formando $2CO_2 + 2H_2O$. E o delta H da reação, qual é? É -1410. Agora eu vou transformar, eu vou somar as equações até chegar naquela que eu quero.”</p>	<p>dos Tópicos de Química (KoTC).</p>	<p>procedimentos teóricos</p>	<p>normas e procedimentos teóricos responsáveis pela resolução de um exercício.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 40 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 95 a 106), concomitantemente à entrevista com a professora (linhas 12 a 14).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A2_L95-106: “É interessante colocar o que você vai fazer pra que você não esqueça. Eu vou manter, vou multiplicar por 2, por 3. É legal pra você não esquecer. Então, vamos lá! Se eu copiei do jeito que estava ali, é só copiar a equação e manter também o nosso valor de delta H, -1410. E agora, eu vou fazer o quê? Eu vou fazer o somatório? Eu vou transformar essas duas, naquela que eu quero. E como eu faço isso? Eu vou somar tudo. E o que tiver igual nos reagentes e nos produtos, eu corto, porque eles se anulam. Como o 2 CO₂ que tem aqui e ali, antes e depois da seta, 3 O₂ também, né? Eles cortam. Eles se anulam. E a água? 3 H₂O com 2 H₂O, subtraio e sobra quanto? H₂O nos reagentes. E eu copio o que sobrou. Então, o que sobra? [...] C₂H₄ + H₂O formando C₂H₅OH. Olha a minha equação, é a equação que eu queria? Se for exatamente a equação que eu queria, vou calcular o seu delta H. Que é o somatório dos delta H das equações que eu mexi. +1368 -1410. Mais com menos é menos. Como o sinal do maior é negativo, a resposta vai ser negativa. Quanto vai dar a minha resposta? -42 kJ. Então, é exotérmica.”</p> <p>Entr_ProfMagnólia_L12-14: “Minha intenção era criar um macete, pra facilitar o entendimento desse conteúdo que é tão pesado, escrevendo o que é que eu fiz, o passo a passo, procedimento para chegar na resposta final.”</p>	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KCLS)</p>	<p>processo de assimilação</p>	<p>macete sobre como resolver um determinado exercício.</p>
	<p>do Ensino de Química (KCT)</p>	<p>estratégia de ensino</p>	<p>elemento facilitador para o ensino de lei de Hess.</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>aplicação</p>	<p>constructos matemáticos para resolução de um exercício.</p>
	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>procedimentos teóricos</p>	<p>procedimentos e características do resultado do cálculo de delta H da reação no exercício.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 41 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 108 a 114).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia_E_A2_L108-114: “Aluna_B: Professora, a fórmula que fica ali em cima é a resposta? Ou só o delta H? Prof_Magnólia: O delta H é a resposta, mas se eu não chegar na fórmula? Então, se eu não chegar, isso interfere no valor de delta. Eu preciso fazer tudo isso? Preciso sim! Senão, a gente fica em dúvida, ok? A reação explica a reação, mas nosso resultado é o numérico e, a partir disso, dizemos se a reação é endotérmica ou exotérmica.”</p>	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)</p>	<p>processos de dificuldades dos estudantes</p>	<p>tirar uma dúvida quanto à interpretação do resultado do exercício.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 42 – Transcrição da aula 2 da Prof.^a Magnólia (linhas 118 a 126), concomitantemente à entrevista com a professora (linhas 05 a 8).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia_E_A2_L118-126:</p> <p>Figura 28 – Exercício 3.</p> <p>Exercício 3. (PUCRJ) Dadas as reações termoquímicas de formação de CO₂ (marcadas a e b):</p> $1) 2C(s) + 2O_2(g) \xrightarrow{a} 2CO_2(g) \quad \Delta H^\circ = -787 \text{ kJ}$ $1) 2CO(g) + O_2(g) \xrightarrow{b} 2CO_2(g) \quad \Delta H^\circ = -566 \text{ kJ}$ <p>a) Calcule a variação de entalpia para a formação de 1 mol de CO(g) a partir da reação de carbono com o gás oxigênio, dada a seguir: $2C(s) + O_2(g) \rightarrow 2CO(g)$</p> <p>(I) mantém $\rightarrow 2C(s) + 2O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) \quad \Delta H^\circ = -787 \text{ kJ}$ $\times \frac{1}{2}$</p> <p>(II) inverte $\rightarrow 2CO_2(g) \rightarrow 2CO(g) + O_2(g) \quad \Delta H^\circ = +566 \text{ kJ}$ $\times \frac{1}{2}$</p> $2C(s) + O_2(g) \rightarrow 2CO(g) \quad \oplus$ <p>$\Delta H = (-787 + 566) \text{ kJ}$ $\Delta H = -221 \text{ kJ} \quad \left \begin{array}{l} \rightarrow 2 \text{ mol de CO} \\ \rightarrow 1 \text{ mol de CO} \end{array} \right.$ $\times \frac{1}{2}$</p> <p>$2x = -221 \text{ kJ}$ $x = -\frac{221}{2} \text{ kJ}$ $x = -110,5 \text{ kJ/mol CO}$</p> <p>Fonte: Cópia do quadro da aula da Prof.^a Magnólia (2020).</p> <p>“Eu sei qual é a minha equação global, eu coloco ela em destaque, tá bom? E, a partir dela, a gente vai transformando as equações que estão lá em cima, e a</p>	<p>dos Tópicos de Química (KoTC)</p>	<p>procedimentos teóricos</p>	<p>resolução de um exercício de lei de Hess.</p>

<p>partir dessas, somando os delta H modificados, a gente encontra o valor de delta H final para esse exercício, tá bom? Mas, olha, temos um pequeno porém ali: o exercício quer o cálculo para 1 mol de CO e, no final das nossas contas, a gente vai encontrar o valor pra 2 mol de CO. Então, o que eu faço pra achar a nossa resposta final? Eu vou e divido por dois. Isso aí! Viu que é mais rápido agora, que dá pra fazer de cabeça, é só eu manter a primeira e inverter a segunda, nem precisa multiplicar nada não. Ok?”</p>			
<p>Entr_ProfMagnólia_L05-08: “Quando a gente começa a explicação diretamente na prática, também pra mostrar que pra que serve a lei de Hess. Por isso, trabalhar os exercícios diretamente é de grande valia. E pra desmistificar também... O que era complicado acaba nem sendo tão difícil. A prática leva ao entendimento.”</p>	<p>do Ensino de Química (KCT)</p>	<p>estratégias de ensino</p>	<p>uma desmistificação dos cálculos de lei de Hess por parte dos alunos.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Ao confrontar essas passagens da aula 2 da Prof.^a Magnólia com os dados entrevista, pode-se classificar a manifestação como uma evidência e, portanto, categorizá-la no modelo CTSK, considerando o instrumento de análise (MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2019). Na última aula, a docente discute os assuntos referentes à energia de ligação, também conhecida como “entalpia de ligação”. Trata-se de um dos assuntos mais difíceis de abordar no contexto do ensino da Termodinâmica, uma vez que relaciona os conteúdos das ligações químicas, da estequiometria, da distribuição eletrônica e da tabela periódica, todos referentes à grade do 1.º ano do Ensino Médio (CASTRO *et al.*, 2013; PEREIRA, 2019). Na terceira (e última) aula do conteúdo, a professora começa revisitando os conceitos já construídos anteriormente, como a classificação de reações endotérmicas e exotérmicas, o cálculo de entalpia de reação em uma etapa e a lei de Hess (**Prof_Magnólia: E.A3_L03-11**⁸⁶).

Em seguida, a Prof.^a Magnólia aborda as definições de “energia de ligação”, exemplificando com moléculas de gás hidrogênio (H₂) e com o íon hidrônio (H⁺). Trata-se

⁸⁶ Abreviação para “Evidência da aula 3 da Prof.^a Magnólia, linhas 03 a 11”.

do conteúdo da manifestação **Prof_Magnólia: E.A3_L15-21**⁸⁷. Além disso, a professora apresenta um passo a passo, ao construir com os alunos os conhecimentos da energia de ligação: primeiro, apresenta as moléculas isoladamente; em seguida, apresenta uma reação simples, identificando quais espécies são consideradas reagentes e quais são classificadas como produtos de reação; depois disso, apresenta os valores da energia de ligação, mobilizando, para tanto, os conceitos de “absorção” e “liberação de energia”, conforme expõem Brown, Lemay e Bursten (2005). Nessa passagem, a professora mobiliza os conhecimentos dos **Tópicos da Química** (KoTC), associados às representações, aplicações e definições de conceitos próprios da química, interligando-os aos **Conhecimentos do Ensino da Química** (KCT), ao abordar uma metodologia intencionalmente pensada para ensinar tal conteúdo. A entrevista (**Entr_ProfMagnólia_L19-21**⁸⁸) confirma essa afirmação.

Em seguida, a professora encerra o conteúdo de Termoquímica, introduzindo alguns conceitos e conexões no contexto da própria disciplina ao abordar o próximo conteúdo – Cinética Química. Em conformidade com Leal e Mortimer (2008), Chassot (2014) e Oliveira (2018), a professora utiliza de conexões entre os conteúdos de Química em sua prática. Com isso, faz uso dos **Conhecimentos da Estrutura da Química** (KSC) e dos **Conhecimentos dos Parâmetros da Aprendizagem da Química** (KCLS). Os quadros a seguir (43, 44, 45, 46 e 47) mostram as manifestações referentes à discussão apresentada nos três últimos parágrafos.

⁸⁷ Abreviação para “Evidência da aula 3 da Prof.^a Magnólia, linhas 15 a 21”.

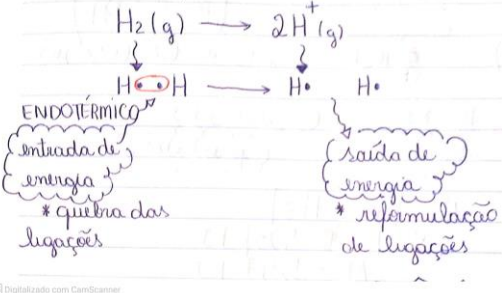
⁸⁸ Abreviação para “Entrevista com a Prof.^a Magnólia, linhas 19 a 21”.

Quadro 43 – Transcrição da aula 3 da Prof.^a Magnólia (linhas 03 a 11).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A3_L03-11: “Pessoal, a gente trabalhou na aula anterior a parte de entalpia, que é a energia da reação. E tem vários jeitos de calcular a entalpia. Nós já calculamos a entalpia de reação através da energia de formação dos reagentes e produtos. Nós vimos também que a energia de formação de uma reação, a entalpia de formação, a variação de entalpia é calculada pelo somatório das entalpias dos produtos menos o somatório das entalpias dos reagentes. Continuamos calculando a variação de entalpia de uma reação, a partir de outras reações, através da lei de Hess. Quando a gente invertia uma reação, multiplicava a outra e por aí e depois somávamos os delta H das reações até chegar numa reação principal. E, agora, vamos calcular a entalpia a partir da energia de ligação das moléculas ou dos compostos iônicos da reação.”</p> <p>Entr_ProfMagnólia_L10-12: “Eu sempre penso no estudante como protagonista, que quero ensiná-lo a aprender a aprender. Por isso, uma aula minha é conectada a outra.”</p>	<p>do Ensino de Química (KCT)</p>	<p>estratégia de ensino</p>	<p>conexão de conteúdos e conceitos abordados em Termoquímica.</p>
	<p>das Características de Aprendizagem da Química (KFLC)</p>	<p>ao processo de assimilação</p>	<p>forma como o aluno aprende os conceitos de Termoquímica, a partir das conexões de conceitos e conteúdos.</p>
	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS)</p>	<p>meta quanto ao desenvolvimento de determinado conteúdo químico</p>	<p>objetivos e anseios da Prof.^a Magnólia com o ensino de Termoquímica.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 44 – Transcrição da aula 3 da Prof.^a Magnólia (linha 15 a 21).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A3_L15-21:</p> <p>Figura 29 – Definição de energia de ligação.</p>  <p>Fonte: Cópia do quadro da aula da Prof.^a Magnólia (2020).</p> <p>“A energia de ligação, em uma reação química, é quando a energia absorvida ou liberada, quando as ligações químicas são quebradas nos reagentes e formadas lá nos produtos. Olhem aqui no meu quadro as moléculas representadas aqui [...]. Tenho aqui, por exemplo, H₂. E eu quero que ele se quebre para formar dois H⁺ separados, H separado de H. Eu preciso de uma energia para quebrar essa molécula de H₂, de H ligado a H, e essa energia é de quebra, energia de ligação, ela vai quebrar essa ligação para que eu tenha no produto H separado de H. A energia que quebra é uma energia que precisa ser absorvida.”</p>	<p>dos Tópicos (KoTC)</p> <p>dos Tópicos (KoTC)</p>	<p>Definições</p> <p>representação</p>	<p>explicação do que é a energia de ligação.</p> <p>fórmulas das espécies químicas H₂ e H⁺.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 45 – Transcrição da aula 3 da Prof.^a Magnólia (linhas 21 a 31), concomitantemente à entrevista com a professora (linhas 14 a 18).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia: E.A3_L21-31: “Agora lembrem lá da nossa aula 1, quando a energia é absorvida, ela é endotérmica ou exotérmica? Ela é endotérmica, né? Então, guardem essa informação aqui: toda energia dos reagentes vai ser sempre endotérmica, eles absorvem energia. E por quê? Eles precisam de energia para quebrar as energias. Imagina aqui o exemplo: pra eu quebrar as moléculas de gordura do meu corpo, eu não preciso trabalhar, fazer exercícios, preciso absorver energia? Então, a mesma coisa aqui nas reações químicas! Eu tenho aqui H₂ e eu quero quebrar 1 mol dessa substância. Então, preciso que eles absorvam energia para que isso ocorra. Então, nos reagentes, a energia de ligação é endotérmica, sempre vai ser positiva. E nos produtos sempre vão ser exotérmicas, pois as energias são liberadas, para que as ligações quebradas lá atrás sejam formadas.”</p> <p>Entr_ProfMagnólia_L14-18: “Gosto de exemplificações porque, dessa maneira, estou dialogando melhor com os cotidianos dos alunos, aproximando melhor os conceitos da química e o dia a dia deles, ensinando-os a serem protagonistas antes, durante e depois das aulas.”</p>	dos Tópicos (KoTC)	definições	conceitos de reações endotérmicas e exotérmicas para a energia de ligação.
	dos Tópicos (KoTC)	aplicações	exemplificação da queima de gordura e absorção de energia com as reações químicas.
	do Ensino de Química (KCT)	estratégia de ensino	aproximação dos conceitos de energia de ligação e os cotidianos dos alunos.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 46 – Transcrição da aula 3 da Prof.^a Magnólia (linha 31 a 36).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia_E_A3-L31-36: “Eu quero que vocês entendam isso. Para calcular o delta H, a partir da energia de ligação, eu vou ter que olhar na minha reação: eu tenho que saber quem é reagente e quem é produto e eu tenho que saber que a energia de ligação dos reagentes sempre vai ser positiva, pois eles</p>	da Estrutura da Química (KSC)	conexões dentro da própria disciplina	conhecimentos necessários para entender a energia de ligação dos reagentes e produtos.

precisam absorver energia para formar alguma outra espécie lá nos produtos. A energia de ligação dos produtos sempre vai ser negativa, pois eles precisam liberar energia para que as ligações rompidas antes sejam reformuladas.”			
--	--	--	--

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Quadro 47 – Transcrição da aula 3 da Prof.^a Magnólia (linha 39 a 50).

Trecho da transcrição	Análises do pesquisador		
Evidências			
Manifestação	Conhecimento...	associado a...	que consiste(m) em...
<p>Prof_Magnólia_E_A3_L39-50:</p> <p>Figura 30 – Exemplificação da energia de ligação.</p> <p>Fonte: Cópia do quadro da aula da Prof.^a Magnólia (2020).</p> <p>“Mas, professora, eu não entendi muito bem ainda...” Não tem problema, eu vou trazer um exemplo aqui para fixar melhor o nosso entendimento, tá bom? Vamos lá? Outra coisa: a energia de ligação tem valores fixos, olha essa tabela. Olha essa tabela aqui. Essa tabela me dá valores de energia de ligação pra cada tipo de ligação. Eu quero a ligação C dupla O, vocês estão vendo esses valores? Qual a energia para quebrar uma C dupla O? 744 kJ. Quando eu tenho CO₂, por exemplo. Como é a estrutura do CO₂? O dupla C dupla O. Quantas ligações, então, tem num CO₂? Tenho duas vezes aquela energia. Ele vai te dar um valor de energia, mas não é para a molécula inteira, é pra cada ligação. Então, eu tenho que tomar cuidado com isso. Então, voltando, eu tenho duas vezes 744 kJ. Qual é o valor total, então, de energia para romper as ligações de 1 mol dessa espécie? 1488 kJ”</p>	do Ensino de Química (KCT)	estratégia de ensino	como ensinar o cálculo da energia de ligação.
<p>Entr_ProfMagnólia_L19-21:</p> <p>“Eu ensino a energia de ligação passo a passo, montando primeiro uma única</p>	das Características de Aprendizagem da	ao processo de assimilação	metodologia para ensinar o cálculo de energia de ligação com

molécula, depois várias e só depois a reação completa, tirando o maior valor do menor, pois, dessa forma, ele se sente seguro ao realizar o cálculo e o gozo do aprender dá segurança ao estudante.”	Química (KFLC)		exemplos, como o CO ₂ .
--	----------------	--	------------------------------------

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Após a observação das aulas, foi evidenciado que os professores mobilizaram diversos saberes (TARDIF, 2008) e conhecimentos (SHULMAN, 1986; CARRILLO *et al.*, 2014; SOARES, 2019). Ambos mobilizaram diferentes possibilidades de análise, em se tratando das relações entre os conteúdos ministrados e as vivências dos estudando, o que dá um caráter reflexivo às práticas metodológicas em questão, às formas de aprendizagem de seus alunos e ao quanto eles estarão envolvidos com o conteúdo. Por fim, é importante referir que cabe aos docentes assumirem papéis de pesquisadores e refletirem acerca das suas práticas e como estas poderão contribuir com a área de ensino em questão (SILVA, 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, a partir da observação não participante das aulas de dois professores de Química e da realização de entrevistas semiestruturadas, foi possível caracterizar, com base no modelo teórico CTSK, os conhecimentos especializados mobilizados para se ensinar o conteúdo de Termoquímica. A partir da transcrição das aulas do Prof. Carvalho e da Prof.^a Magnólia e da subsequente análise dos conteúdos, os resultados mostraram as evidências e os indícios dos conhecimentos especializados em ambos os domínios do modelo: no domínio didático (PCK) e no da Química propriamente dito (CK).

Apesar de os resultados da análise dos 153 conhecimentos identificados na transcrição das aulas (71 conhecimentos para o Prof. Carvalho e 82 para a Prof.^a Magnólia) estarem restritos à atual caracterização do modelo CTSK, uma vez que apenas o subdomínio dos **Conhecimentos dos Tópicos de Químicas** (KoTC) estava categorizado, foram identificados, como proposto nos objetivos da pesquisa, os conhecimentos especializados de professores de Química, necessários para se ensinar o conteúdo de Termoquímica, a partir do modelo teórico adotado. Vale ressaltar que o único subdomínio não identificado na análise foi, em ambos os casos, o **Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química** (KDRC⁸⁹).

A partir das relações e conexões entre os subdomínios identificados e por meio da visão integradora sobre os conhecimentos que sustentaram as aulas ministradas, transcritas e analisadas para o conteúdo de Termoquímica, foi possível entender as articulações que sustentam os conhecimentos necessários para ministrar o referido conteúdo em turmas do 2.º ano do Ensino Médio, principalmente em se tratando de exemplificações. Os professores recorreram a menções ao motor de automóveis, ao churrasco, à respiração celular, à descoloração de pelos, à fabricação do sabão, à fervura da água para se fazer café ou a solidificação desse líquido para tomar um tereré com cubos de gelo. Essa estratégia de exemplificar aproxima os domínios químicos e didáticos do conteúdo. Além disso, houve também a aplicação de exercícios, a exemplo da reação entre alcenos e gases do grupo 17 (halogênios) para formar os haletos, conforme observado na aula 5 do Prof. Carvalho, e a revisão sistemática dos conteúdos. Os

⁸⁹ Sigla em inglês para "Knowledge of Research and Development of Chemistry".

professores revisitaram conceitos já mobilizados em anos anteriores e despertaram a curiosidade dos estudantes em relação a conteúdos que ainda serão ensinados, como a isomeria (em Química Orgânica), para o Prof. Carvalho, e a Cinética Química, para a Prof.^a Magnólia.

Considerando esses resultados, podemos-se afirmar que a partir deste trabalho, realizando-se uma autorreflexão acerca das práticas docentes, professores em atuação repensassem o ensino da disciplina, seus desafios e obstáculos, modelos teóricos e, mais especificamente, as dificuldades de ensinar Termoquímica em futuras aulas. Naquilo que se refere às discussões apresentadas no capítulo 4, espera-se que estas possam promover discussões nas práticas e nos grupos de estudos acerca dos conhecimentos especializado de professores.

Conforme já referido anteriormente, o modelo CTSK, por enquanto, apresenta apenas uma categoria descrita, a dos conhecimentos dos **Tópicos de Química (KoTC)**. Entretanto, as manifestações classificadas aqui como indícios foram apresentadas nesta pesquisa e caracterizadas como evidências do conhecimento, quando, a partir do cotejo com as entrevistas semiestruturadas, também transcrita nesta pesquisa, percebia-se que os professores respondiam às perguntas acerca desses conhecimentos. É também importante referir que o trabalho flagrou algumas das diferenças entre as realidades e os objetivos dos colégios particulares e das escolas públicas.

Naquilo que se refere aos avanços da pesquisa, entendeu-se que essa pautou-se na aplicação do modelo teórico elaborado por Soares (2019). Por fim, é oportuno referir que outros trabalhos – novas teses, dissertações e artigos – serão vitais para a corroboração dos resultados aqui apresentados quanto ao uso do modelo teórico CTSK como um instrumento de análise.

Propõe-se, assim, uma nova maneira de entender a área de ensino de Química, uma maneira idiossincrática, atendendo às particularidades da disciplina, tanto com sujeitos ainda na graduação quanto com professores que já atuam diretamente na área.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Liber Livros, 2008. Série Pesquisa, vol. 13.

BALL, D. L.; THAMES, M. H.; PHELPS, G. Content knowledge for teaching: what makes it special? **Journal of Teacher Education**, Sage, New York, USA, v. 59, n. 5, p. 389-407, 2008.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARROS, H. L. C. Processos endotérmicos e exotérmicos: uma visão atômico-molecular. **Revista Química Nova na Escola**, vol. 31, n. 4, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/39J56e3>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BENEDICTO, E. C. P. **Humor e riso na educação escolar**. 1. ed. São Paulo: Biblioteca 24h, 2016.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. 12. ed. Porto: Porto, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3kNaHDA>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP n.º 2, de 19 de fevereiro de 2002. Institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica em nível superior. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 04 mar. 2002, Seção 1, p. 09. Disponível em: <https://bit.ly/2ITycNM>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP n.º 02, de 1.º de julho de 2015. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 02 jul. 2015, Seção 1, p. 08-12. Disponível em: <https://bit.ly/331hSC2>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP n.º 2, de 20 de dezembro de 2019. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 15 abr. 2020, Seção 1, p. 46-49. Disponível em: <https://bit.ly/3pL9JLx>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química**: a Ciência central. 9. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. **A necessária renovação do ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARRILLO, J.; AVILA, D. I. E.; MORA, D. V.; FLORES-MEDRANO, E. **Un marco teórico para el conocimiento especializado del profesor de matemáticas**. Huelva, Espanha: Universidad de Huelva Publicaciones, 2014.

CARRILLO, J.; CONTRERAS, L. C.; FLORES, P. Un modelo de conocimiento especializado del profesor de matemáticas. *In*: RICO, L.; CAÑADAS, M.; GUTIÉRREZ, J.; MOLINA, M.; SEGOVIA, I. (eds.). **Investigacion en Didáctica de la Matemática**. Homenaje a Encarnación Castro. Granada: Comares, 2013. p. 193-200.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.

CASTRO, P. C.; SANTOS, M. R.; FERNANDEZ, C.; LEAL, S. H. Conhecimento pedagógico do conteúdo de uma professora de química do Ensino Médio sobre lei de Hess. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [en línea], 2013, n. extra, p. 739-743. Disponível em: <https://bit.ly/3bQs7OI>. Acesso em: 10 jan. 2021.

CHASSOT, A. I. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 1. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2014.

FARIA, J. B.; DINIZ-PEREIRA, J. E. Residência pedagógica: afinal, o que é isso? **Revista de Educação Pública**, vol. 28, p. 333-356, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2M6p2j9>. Acesso em: 10 jan. 2021.

FERNANDEZ, C. Formação de professores de Química no Brasil e no mundo. **Estudos avançados**, vol. 32, n. 94, São Paulo, set./dez., 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2KrioDi>. Acesso em: 10 jan. 2021.

FLORES-MEDRANO, E. **Una profundización en la conceptualización de elementos del modelo de Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas (MTSK)**. 2015. 166 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Didáctica de las Ciencias y Filosofía, Universidad de Huelva, Huelva, Espanha, 2015. Disponível em: <http://bit.ly/3qwzbnY>. Acesso em: 10 jan. 2021.

FREIRE, L. I. F., FERNANDEZ, C. Professores novatos de química e o desenvolvimento do PCK de oxidorredução: influências da formação inicial. **Educ. Quím.**, 25 (3), p. 312-324, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/38SDELG>. Acesso em: 10 jan. 2021.

GATTI, B. A. Formação de professores: condições e problemas atuais. **Revista Internacional de Formação de Professores (RIFP)**, Itapetininga, v. 1, n. 2, p. 161-171, 2016. Disponível em: <http://bit.ly/3ionDzX>. Acesso em: 10 jan. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOES, Luciane F. de. **Conhecimento Pedagógico do conteúdo: estado da arte no campo da educação e no ensino de química**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Universidade de São Paulo - USP, 2014. 155 p.

GROSSMAN, P. L. **The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education**.

New York: Teachers College Press, 1990.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Vol. 1.

HERNANDES, J. L. **Relações sintagmáticas e paradigmáticas para a apropriação de conceitos de termoquímica**. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3bNLRCL>. Acesso em: 10 jan. 2021.

KEMPA, R. Students learning difficulties in Science: causes and possible remedies. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 2, p. 119-128, 1991. Disponível em: <https://bit.ly/3ilfMmM>. Acesso em: 10 jan. 2021.

LEAL, M. C.; MORTIMER, E. F. Apropriação do discurso de inovação curricular em química por professores do Ensino Médio: perspectivas e tensões. **Ciênc. Educ. (Bauru)**, vol. 14, n. 2, Bauru, 2008. Disponível em: <http://bit.ly/3sBI7tI>. Acesso em: 10 jan. 2021.

LEITE, B. S. Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 3, p. 326-340, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2XOMBiG>. Acesso em: 10 jan. 2021.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 136, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3nX9NG2>. Acesso em: 10 jan. 2021.

LIMA, L. **Escola não é circo, professor não é palhaço**: intencionalidade e educação. 2. ed. Rio de Janeiro: Wak, 2008.

LIMA, S. S. **Conhecimento especializado de professores de Física**: uma proposta de modelo teórico. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado de Mato Grosso (IFMT), Cuiabá, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3cc1pA7>. Acesso em: 10 jan. 2021.

LUÍS, M. **Conhecimento especializado de professores de Biologia**. 2019. Tese (Doutorado) – Univesidad de Huelva, Huelva, Espanha, 2019. Documento inédito.

LUÍS, M.; CARRILLO, J. O modelo do conhecimento especializado do professor de Biologia (BTSK). **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 7, p. 19-36, 20 nov. 2020. Disponível em: <http://bit.ly/3nXxApb>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de Química**: professores/pesquisadores. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.

MELO, J. R. F. **A formação inicial do professor de Química e o uso das novas tecnologias para o ensino**: um olhar através de suas possibilidades formativas. 2007. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007. Disponível em: <http://bit.ly/3nXB7nr>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1994.

MOREIRA, J.; EVANGELISTA, E.; MELLO, G. Conhecimento especializado de professores: potencialidades do modelo da matemática para o ensino de língua portuguesa. *In: IV CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA*. **Anais [...]**, Huelva, Espanha, 2019.

MORIEL JUNIOR, J. G.; ALENCAR, A. P. MTSK, pesquisa e formação docente em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. *In: III SEMINÁRIO INTERNACIONAL CIESPMAT: ESPECIFICIDADES DO CONHECIMENTO DO PROFESSOR DE/QUE ENSINA MATEMÁTICA E A PESQUISA E FORMAÇÃO OBJETIVANDO O SEU DESENVOLVIMENTO*. **Anais [...]**, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2019, p. 01-06.

MORIEL JUNIOR, J. G.; ALENCAR, E. S. de. Research and teacher education with MTSK in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. **Research, Society and Development** [S. l.], v. 9, n. 4, p. e98942885, 2020. Disponível em: <http://bit.ly/2LGsErU>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MORIEL JUNIOR, J. G.; DUARTE, E. B. Mapeamento global da produção sobre *Mathematics Teacher's Specialized Knowledge* no *Google Scholar* até 2019. **Research Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2LxllCV>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Calor e temperatura no ensino de Termoquímica. **Revista Química Nova na Escola**, n. 7, 1998. Disponível em: <https://bit.ly/39Mz3JV>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: Ensino Médio**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2013. Vol. 1.

MOURÃO, I. C.; GHEDIN, E. Formação do professor de Química no Brasil: a lógica curricular. **Revista Educação em Perspectiva**, vol. 10, p. 01-16. Viçosa, MG, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/3bS9o5l>. Acesso em: 10 jan. 2021.

PEREIRA, F. G. **Proposta e análise de uma sequência didática para abordar o conteúdo de termoquímica no Ensino Médio**. 2019. 118 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3bS9w4P>. Acesso em: 10 jan. 2021.

QUADROS, A. L.; SILVA, D. C.; SILVA, F. C.; ANDRADE, F. P.; ALEME, H. G.; OLIVEIRA, S. R.; SILVA, G. F.; TRISTÃO, J. C.; SANTOS, L. J. A Formação do professor universitário no percurso de pós-graduação em Química. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 309-321, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/35LHBja>. Acesso em: 10 jan. 2021.

REZENDE, F. Educação em Ciências como campo político: disputas atuais por projetos curriculares. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/39JZLmH>. Acesso em: 10 jan. 2021.

RIBEIRO, M. T. D. **Saberes científicos e pedagógicos de conteúdo expressos por professores egressos do Programa de Bolsa de Iniciação à Docência em Química da UFMT**. 2016. 161 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2LyxrM8>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SCHNETZLER, R. P. Educação Química no Brasil – 25 anos de ENEQ. Encontro Nacional de Ensino de Química. *In*: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. **Educação Química no Brasil – Memórias, Políticas e Tendências**. 1. ed. Campinas, SP: Átomo, 2008. p. 17-38.

SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 4, p. 04-14, 1986.

SILVA, M. M. **Conhecimento especializado de professores de Biologia**: análise de relatos de prática do Ensino Médio. 2020. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – IFMT, Cuiabá, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3bS8fL5>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. *In*: SANTOS, W. L. P; MALDANER, O. A. **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

SILVEIRA, H. E. **A História da Ciência em periódicos brasileiros de Química**: contribuições para a formação docente. 2008. 255 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, Campinas, 2008. Disponível em: <http://bit.ly/3nVuzWB>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SOARES, E. C. **O professor de química e a epistemologia da prática pedagógica: limites e desafios para a inovação**. 2012. 196 f. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3oW8UPj>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SOARES, S. T. C. **Conhecimento especializado de professores de Química – CTSK**: proposta de modelo teórico. 2019. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – IFMT, Cuiabá, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/39VM6Jt>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SOARES, S. T. C.; LIMA, S. S.; CARBO, L. Conhecimento especializado de professores de Química: modelo teórico. **Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (Reamec)**, v. 8, n. 2, p. 648-666, Cuiabá, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/38P0P9v>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SOUZA, V. C. A. **Construção de modelos e mediação do conhecimento científico na formação inicial dos professores de Química**: uma análise do processo de ensino da termoquímica. 2014. 283 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/35RIJ61>. Acesso em: 10 jan. 2021.

STÄHLER T. B. **Ressignificação de saberes em processos de produção do conhecimento escolar com foco na termoquímica – reflexão sobre a relação pedagógica sob o viés da epistemologia**. 2017. 143 f. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Unijuí), Ijuí, 2017. Disponível em: <http://bit.ly/3szgcz>. Acesso em: 10 jan. 2021.

STANZANI, E. L. **O papel do Pibid na formação inicial de professores de química na Universidade Estadual de Londrina**. 2012. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – UEL, Londrina, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3bLJpwj>. Acesso em: 10 jan. 2021.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 9. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

VELOSO, A. S.; SANTOS, P. M.; KALHIL, J. B. O processo de ensino-aprendizagem do conceito de energia na Termoquímica e a relação com o cotidiano de alunos do Ensino Médio. **Latin American Journal of Science Education**, vol. 1, 2015.

APÊNDICE A – ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

ROTEIRO DA ENTREVISTA:

Pesquisador responsável: LÉO DA SILVA FLORIANO

Endereço: AVENIDA SENADOR METELO, 1630, ED. GARDEN GOIABIERAS, TORRE 1, APT 402. BAIRRO JARDIM GOIABEIRAS. CUIABÁ – MT

Telefone: (65) 9 9963 - 0360

E-mail: leo.floriano6q@gmail.com

Prezado participante, O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa **“CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE QUÍMICA (CTSK): UM ESTUDO DE CASO DO ENSINO DE TERMOQUÍMICA EM DUAS ESCOLAS DE CUIABÁ-MT”**. O estudo trata-se de uma pesquisa de Mestrado, onde pretendemos compreender quais os conhecimentos dos professores de Química ao lecionarem o conteúdo de Termoquímica. O motivo que nos leva a investigar o modelo teórico de conhecimentos especializados de professores de Química (CTSK) pauta-se na Base Nacional Curricular Comum (BNCC), na qual o conteúdo de Termoquímica faz parte do ementário da disciplina de Química para o Ensino Médio, e ainda, tal conteúdo permite correlações com outras áreas da Ciência, como a Física (e as leis da termodinâmica) e a Matemática (equações do primeiro e do segundo graus), dando ênfase à interdisciplinaridade entre as áreas. As informações serão obtidas a partir da análise das informações obtidas por meio da observação não participante de algumas aulas de Química dos sujeitos. O convite a sua participação se deve ao fato de ser docente da disciplina no 2.º ano do Ensino Médio e conhecer conteúdo investigado nessa pesquisa (Termoquímica), bem como sua relevância para a formação cidadã dos estudantes. Informamos ainda que os gestores responsáveis pelos mesmos já foram devidamente informados da realização da mesma, em que para efeito de comprovação de seu conhecimento temos as Cartas de Autorização para a realização da pesquisa nos respectivos cursos e Instituições. Sua participação é voluntária, isto é, ela não é obrigatória, e você tem plena autonomia para decidir se quer ou não participar, bem como retirar sua participação a qualquer momento. Você não será penalizado de nenhuma maneira caso decida não consentir sua participação, ou desistir da mesma. Contudo, a sua participação é muito importante para a execução da pesquisa.

1) Diante dos atuais cenários da educação básica, onde pesquisas, teses de doutorado e dissertações de mestrado mostram as crises vivenciadas pelos docentes, de que forma você visualiza o ensino de Química e sua relevância para a formação dos cidadãos e cidadãs para o mundo moderno?

2) Quais seriam os conhecimentos necessários para os professores de Químicas lecionarem o conteúdo de Termoquímica?

3) E quais seriam as estratégias para que o alcance da aprendizagem em Termoquímica ocorra de fato?

4) As recentes pesquisas mostram a pouca conexão (ou ausência desta) dos conhecimentos e conceitos da disciplina de Química para com a área pedagógica. Para você, é possível relacionar ambas as áreas? Se sim, de quais formas?

5) Com intuito de confirmar um indício da pesquisa, na manifestação da aula XX **(INSERIR MANIFESTAÇÃO)** qual a sua intencionalidade com o ensino de Termoquímica? O que o senhor quis dizer com isso? Quais os seus objetivos?