

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CIENTÍFICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES



PPG.ECFP

Programa de Pós-Graduação em
Educação Científica e Formação de Professores

Samuell de Queiroz Vilas Boas Santos

FUNDAMENTOS ONTOLÓGICOS DA ESTRUTURA CONCEITUAL DA
QUÍMICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO

Jequié, 2025

Samuell de Queiroz Vilas Boas Santos

FUNDAMENTOS ONTOLÓGICOS DA ESTRUTURA CONCEITUAL DA
QUÍMICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO

Relatório parcial de pesquisa – nível de mestrado/doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Formação de Professores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como requisito para exame de Qualificação.

Linha de Pesquisa: Currículo e Processos de Ensino e Aprendizagem

Orientador/a: Marcos Antônio Pinto Ribeiro

Jequié, 2025

S237f Santos, Samuell de Queiroz Vilas Boas.

Fundamentos ontológicos da estrutura conceitual da química e suas contribuições para o ensino / Samuell de Queiroz Vilas Boas Santos. - 2025.

164f. : il., color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcos Antonio Pinto Ribeiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Formação de Professores, Jequié, 2025.

1. Ensino de Química. 2. Conceitos químicos. 3. Educação científica. 4. Filosofia da química. 5. Ontologia. I. Ribeiro. Marcos

Catálogo na fonte: Bibliotecária Eridiana Souza Silva - CRB-5/2129

UESB - Campus Jequié/BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA

Campus Universitário de Jequié/BA
Programa de Pós-Graduação Educação Científica e Formação de Professores

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**FUNDAMENTOS ONTOLÓGICOS DA ESTRUTURA CONCEITUAL
DA QUÍMICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO**

Autor (a): Samuell de Queiroz Vilas Boas Santos Orientador
(a): Marcos Antonio Pinto Ribeiro

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação defendida por **Samuell de Queiroz Vilas Boas Santos** e aprovado pela Comissão Julgadora.

Data: 02/03/2026

Assinatura do/a

orientador/a

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCOS ANTONIO PINTO RIBEIRO
Data: 02/03/2026 12:21:57-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

.....
Prof. Dr. Marcos Antonio Pinto Ribeiro (Orientador) Comissão Julgadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br JERRY ADRIANE PINTO DE ANDRADE
Data: 02/03/2026 12:15:07-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

.....
Prof. Dr. Jerry Adriane Pinto de Andrade
(Membro Interno/PPGECFP - UESB)



Prof. Dra. Fiorela Alassia
(Membro Externo/UNPSJB)

FUNDAMENTOS ONTOLÓGICOS DA ESTRUTURA CONCEITUAL DA QUÍMICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO

Resumo

Esta dissertação investiga problemáticas fundamentais da filosofia da química, com especial atenção às tensões ontológicas e epistemológicas que atravessam sua constituição enquanto campo autônomo do saber. A pesquisa parte da constatação de que categorias como aproximação, similaridade, representação, dualidade e circularidade não se encontram unificadas nem explicitamente formuladas nos textos analisados, mas emergem como construções interpretativas necessárias diante do confronto entre a explicação química e os limites impostos pela mecânica quântica e pelas abordagens reducionistas. Nesse sentido, examina-se como tais problemáticas repercutem na formulação de leis, teorias e modelos explicativos da química, bem como em sua transposição didática para o ensino, revelando impasses que dizem respeito não apenas à fundamentação científica, mas também às práticas pedagógicas e à formação de professores. A abordagem adotada inscreve-se em uma perspectiva ontológica, buscando compreender os modos de existência dos conceitos químicos e suas articulações com a linguagem, os modelos e a prática científica. Como contribuição, a dissertação propõe uma leitura crítica da filosofia da química que evidencia a pluralidade de seus fundamentos, a insuficiência das leituras reducionistas e a necessidade de uma reflexão mais ampla acerca de seu papel na construção do conhecimento científico e na educação em ciências. Como resultado, a pesquisa evidencia que os conceitos químicos são estruturados por tensionamentos ontológicos constitutivos, que se expressam na articulação entre diferentes níveis de organização e na coexistência de entidades, processos e contextos explicativos. Identifica-se, ainda, a predominância de uma ontologia corpuscular e implicitamente reducionista no currículo de Química, bem como a ausência sistemática da problematização filosófica dos fundamentos conceituais no ensino. Em resposta a esse quadro, a dissertação propõe uma sistematização ontológica dos níveis de organização dos entes químicos e uma tipologia dos conceitos, indicando que as grandes ideias da Química podem ser compreendidas como viradas ontológicas que reconfiguram a inteligibilidade dos fenômenos químicos e abrem horizontes não-reducionistas para o ensino e para a organização curricular.

Palavra-chave: Filosofia da química; Ontologia; Educação científica; Ensino de Química; Conceitos químicos.

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Etapas da Pesquisa Teórica	16
Figura 2 - Movimentação Histórica da Educação Científica	24
Figura 3 - Contingências Históricas e Ontológicas no ECQ... Error! Bookmark not defined.	
Figura 4 - Síntese das áreas da química pesquisadas no ECQ.....	37
Figura 5 - Nuvem de Conceitos	41

Lista de Quadros

Quadro 1 - Autores e Abordagens no ECQ	29
Quadro 2 - Áreas e Conceitos no ECQ.....	38
Quadro 3 - Integração Filosofia, Educação e Ontologia	130

Lista de Abreviaturas e Siglas

ECQ – ENSINO DE CONCEITOS QUÍMICOS

UESB – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DE BAHIA

CNPQ – CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO A PESQUISA

FAPESB – FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA E
DESENVOLVIMENTO NO BRASIL

UFBA – UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUDOESTE DA BAHIA

UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
PRINCÍPIOS METODOLÓGICOS	13
CAPÍTULO 1: ESTUDO DOS CONCEITOS NA AGENDA DE INVESTIGAÇÃO DA EDUCAÇÃO QUÍMICA	19
1.1 A EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA COMO CENTRO DA TRANSMISSÃO DA CULTURA CIENTÍFICA	20
1.2 PESQUISA SOBRE CONCEITOS NA AGENDA DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.....	22
1.3 TRADIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS.....	23
1.3.1 <i>O positivismo lógico</i>	24
1.3.2 <i>O racionalismo crítico</i>	25
1.3.3 <i>A nova filosofia da ciência e as investigações contemporâneas</i>	26
1.4 O ESTUDO DOS CONCEITOS QUÍMICOS NA LITERATURA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA.....	27
1.4.1 <i>Ausência da problematização sobre os fundamentos</i>	32
1.4.2 <i>Físico Química como a Subárea menos estudada</i>	36
1.4.3 <i>Conceitos com carga empírica como os mais estudados</i>	40
1.4.4 <i>Divergências epistemológicas e ontológicas no ensino dos conceitos</i>	42
1.4.5 <i>Psicologia e Pedagogia como principais vinculações teóricas</i>	45
1.4.6 <i>A frágil integração de aportes filosóficos na educação química</i>	47
CAPÍTULO 2: A ONTOLOGIA COMO FERRAMENTA DE ESCRUTÍNIO FILOSÓFICO.....	49
2.1 O QUE É UM CONCEITO?	50
2.2 METAFÍSICA GERAL E ONTOLOGIA	51
2.3 FUNÇÃO DA ONTOLOGIA	52
2.4 ONTOLOGIA E EXPLICAÇÃO.....	53
2.5 CAMPOS DE INVESTIGAÇÃO ESTRUTURANTES DA INVESTIGAÇÃO ONTOLÓGICA.....	54
2.5.1 <i>Categorias Ontológicas Fundamentais</i>	54
2.5.1.1 <i>Substâncias, Acidentes e Propriedades</i>	55
2.5.1.2 <i>Evento e Causalidade</i>	56
2.5.1.2 <i>Relação</i>	57
2.5.1.3 <i>Tempo e Espaço</i>	59
2.5.2 <i>Campo de problematizações ontológicas</i>	59
2.5.2.1 <i>Identidade, Diferença e Atributos</i>	60
2.5.2.2 <i>Universalidade e Particularidade</i>	61
2.5.2.3 <i>Observação e Quantização</i>	61
2.5.2.4 <i>Referenciação</i>	63
2.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO	64
CAPÍTULO 3: ESTRUTURA ONTOLÓGICA DOS CONCEITOS QUÍMICOS NA FILOSOFIA DA QUÍMICA.....	66
3.1 INVESTIGAÇÕES SOBRE A ONTOLOGIA QUÍMICA NA FILOSOFIA DA QUÍMICA	67
3.1.1 <i>Mereologia como a gramática do discurso químico</i>	68
3.1.1.1 <i>Emergência e níveis de organização</i>	69
3.1.1.2 <i>Reduccionismo</i>	73
3.2.2 <i>A natureza dos entes químicos</i>	75
3.2.2.1 <i>Substância</i>	76
3.2.2.1.1 <i>Stuff</i>	77
3.2.2.1.2 <i>Tipos Naturais e Tipos Químicos</i>	79
3.2.2.1.3 <i>Microestruturalismo e Essencialismo</i>	80
3.2.2.2 <i>Processos</i>	82
3.2.2.2.1 <i>Organização, Sistemas e Complexidade</i>	84
3.2.2.2.2 <i>Relação e Contexto</i>	85
3.2.2.2.3 <i>Causalidade e Dependência</i>	86
3.3 <i>Os problemas da explicação Química</i>	88
3.3.1 <i>Idealidade e Polissemia</i>	88
3.3.2 <i>Dualidade e Circularidade dos conceitos</i>	90

3.3.3 Aproximações, similaridade e representação	91
3.3.4 Modelos e Estruturas	92
3.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO	95
CAPÍTULO 4: EDUCAÇÃO QUÍMICA A PARTIR DOS FUNDAMENTOS QUÍMICOS	97
4.1 RESSIGNIFICANDO PROJETOS DE PESQUISAS DA EDUCAÇÃO QUÍMICA	99
4.1.1 <i>Problematização da estrutura dominante do currículo de Química</i>	100
4.1.1.1 Relação e contexto como categorias centrais ante ao fisicalismo	102
4.1.1.2 Centralidade e marginalidade da Química teórica	104
4.1.1.3 Foco na dimensão Pedagógica e Psicológica e marginalidade dos fundamentos	105
4.1.1.4 Ontologia pluralista como possível solução	106
4.1.2 <i>Ressignificação do programa de pesquisa “grandes ideias da química”</i>	107
4.1.2.1 As grandes ideias como se apresentam na literatura	107
4.1.2.2 Problematização ontológica como princípio organizador	110
4.2 NOVAS ORGANIZAÇÕES TEÓRICAS NA EDUCAÇÃO QUÍMICA	113
4.2.1 <i>Níveis de organização dos entes químicos e do Discurso da Química</i>	115
4.2.1.1 Nível corpuscular	116
4.2.1.2 Nível agregado: molecular e retículo cristalino	118
4.2.1.3 Nível molar	119
4.2.2 <i>Proposta tipológica dos conceitos químicos</i>	120
4.2.2.1 Conceitos atinentes a identidade	121
4.2.2.2 Conceitos atinentes a transformação e contexto	123
4.2.2.3 Conceitos atinentes a análise do ente ou essência	124
4.2.2.4 Conceitos atinentes às condições potenciais	125
4.2.2.4.1 Conceitos de articulação operatória	126
4.2.2.5 Exposição da Tipologia dos Conceitos Químicos	126
4.2.3 <i>Integração Didático-Ontológica da Filosofia da Química</i>	129
4.2.3.1 Química, Ontologia e Educação: diálogos e convergências no campo teórico	129
4.2.4 <i>Horizontes não-reducionistas para a organização curricular em Química</i>	132
4.2.5 <i>Tensionamentos Ontológicos no Ensino de Química</i>	132
CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
REFERENCIAS	139

Introdução

No âmbito das disciplinas científicas, a química ocupa uma posição singular, não apenas por seu objeto de estudo, mas sobretudo por sua arquitetura epistemológica particular. Diferentemente do que se observa na física ou na biologia, seu dinamismo conceitual confere-lhe um caráter marcadamente criativo, indutivo e interdisciplinar, conforme assinalam diversos especialistas no campo da Filosofia da Química. Essa área do conhecimento tem evidenciado, ainda, o quanto a química se constitui de modo historicamente situado, valendo-se de uma racionalidade que lhe é intrínseca. Paradoxalmente, o ensino dessa disciplina, na prática escolar corrente, tende a adotar uma postura oposta: rígida, dogmática e operatória, fundamentada na transmissão dedutiva e conservadora dos conceitos. Tal abordagem contrasta abertamente com as especificidades epistêmicas que definem a natureza da química¹.

A Filosofia da Química, enquanto domínio autônomo de investigação, consolidou-se tardiamente, somente na década de 1990. Esse retardo não é fortuito: expressa uma dificuldade estrutural da própria química em assimilar discussões filosóficas em sua matriz disciplinar. Essa dificuldade manifesta-se tanto no plano epistemológico quanto na carência de um questionamento mais aprofundado sobre a ontologia dos conceitos químicos. Some-se a isso a ambiguidade inerente à linguagem química, sua forte dependência de representações diagramáticas e a pluralidade de suas formas expressivas. Todos esses fatores constituem desafios centrais, tanto para a compreensão teórica da disciplina quanto para sua transposição didática.

A literatura especializada tem reiterado, em inúmeras ocasiões, a urgência de que a educação científica, notadamente no ensino das ciências naturais, como Química, Física e Biologia, também possa buscar na filosofia da ciência um escrutínio conceitual sólido e contemporâneo. Esta estrutura seria capaz de amparar, de maneira criteriosa, as orientações epistemológicas e pedagógicas do ensino². Quando inserida no escopo educacional, a filosofia da ciência aprofunda substancialmente a compreensão acerca da natureza do conhecimento científico, realçando seu dinamismo e sua inserção histórica. Essa perspectiva repercute de modo significativo na educação científica, especialmente ao fortalecer a apreensão conceitual dos fundamentos das ciências e ao lançar luz sobre as diretrizes epistêmicas e ontológicas que estruturam o saber nas ciências naturais.

¹ Para este excerto, destacam-se as contribuições de (Bachelard, 2006; Ribeiro, 2014)

² Ver (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Brito et al., 2005; Liborio Dibattista & Morgese, 2013; Liu et al., 2023)

A despeito de as diretrizes educacionais brasileiras (BRASIL, 2002)³ já preverem a incorporação de perspectivas filosóficas ao ensino de ciências, observa-se um vão considerável na interface entre ontologia e ensino de química⁴. A escassa problematização dessa questão no âmbito das pesquisas educacionais revela um território ainda pouco explorado, sinalizando a premência de um aprofundamento teórico que permita repensar as bases conceituais e metodológicas do ensino da disciplina.

Impõe-se, assim, uma exigência que é simultaneamente acadêmica, curricular e pedagógica: a necessidade de problematizar a especificidade ontológica da química e as formas pelas quais essa especificidade se articula no ensino. Esta problematização torna-se factível por meio do diálogo entre filosofia, química e ensino, diálogo este viabilizado justamente pelo amadurecimento da filosofia da química como campo autônomo de pesquisa.

Ao transportar essa questão para o terreno dos conceitos, verifica-se que a aprendizagem conceitual figura como uma das linhas centrais da pesquisa em Ensino de Química no Brasil, constituindo tema recorrente e relevante nas investigações da área (Cruz & Güllich, 2024; Oliveira et al., 2022). No entanto, chama a atenção a notável ausência de análises de cunho ontológico sobre os conceitos químicos nesses estudos. Essa lacuna nos conduz a uma indagação crítica: por que razão o principal instrumento de compreensão da natureza dos conceitos, seus fundamentos e os problemas epistemológicos do conhecimento químico permanece tão invisível? Esta ausência revela um espaço vazio substancial, na medida em que o exame aprofundado da natureza dos conceitos exige investigação sistemática e robusta.

Diante do exposto, evidencia-se como as questões epistemológicas e ontológicas se cristalizam na química enquanto ciência, entrelaçando-se e imbricando-se ao próprio processo de seu ensino. Nesse contexto, a pergunta de pesquisa que melhor orienta esta investigação é a seguinte: qual a natureza ontológica dos conceitos químicos no âmbito da educação química, e de que modo esses conceitos se relacionam entre si na estrutura conceitual da química e em seu ensino?

Assim, o objetivo geral consiste em examinar a estrutura ontológica dos conceitos químicos e compreender como essa inflexão ontológica se articula com o ensino. Especificamente, pretende-se também: (i) analisar os principais problemas ontológicos debatidos tanto pela filosofia geral quanto pela filosofia da química; (ii) investigar as matrizes

³ Embora essa questão tenha sido tematizada no documento anteriormente citado, observa-se que, em documentos mais recentes que regulamentam a educação básica, como as Diretrizes Nacionais Curriculares (BRASIL, 2013) e a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), essa tematização não se faz presente.

⁴ Em pesquisa bibliográfica realizada por (Santos, 2024), analisando o banco de teses e dissertações da CAPES encontram-se apenas dois trabalhos que problematizam a temática.

ontológicas dos conceitos químicos e sistematizá-las em uma tipologia que as relacione epistemologicamente; e (iii) examinar a ocorrência das implicações ontológicas no contexto concreto do ensino de química.

Princípios Metodológicos

No âmbito da filosofia da química, ainda em processo de amadurecimento, inscreve-se a investigação sobre os fundamentos ontológicos dos conceitos químicos. As questões próprias desse domínio concentram-se na reflexão acerca da constituição ontológica dos conceitos basilares dessa ciência, bem como em suas repercussões epistemológicas e pedagógicas. Trata-se de um campo marcado por três características principais: a inexistência de referenciais teóricos amplamente estabilizados, a escassez de categorias analíticas específicas e a falta de um diálogo acadêmico estruturado sobre o tema. Tais condições impõem obstáculos de ordem conceitual e metodológica a quem se dedica à pesquisa (Ribeiro, 2014; Santos, 2024).

A ausência de um quadro teórico consolidado configura-se como um dos principais entraves à construção de um aparato analítico rigoroso. Enquanto outros domínios da filosofia da ciência dispõem de referenciais mais assentados, a filosofia da química ainda não produziu categorias conceituais amplamente aceitas que possam dar suporte à análise ontológica de seus conceitos fundamentais. Diante dessa lacuna, o pesquisador vê-se obrigado a recorrer a aportes oriundos de outras tradições filosóficas (especialmente da filosofia geral) na tentativa de preencher as faltas analíticas. A indefinição de categorias próprias, somada à rarefação conceitual, agrava ainda mais a dificuldade, pois restringe as possibilidades de estruturação teórica e limita a construção de um instrumental metodológico adequado ao objeto investigado.

Some-se a isso outro fator relevante: a escassez de interlocutores e de referenciais analíticos consolidados. A inexistência de um debate sistematizado sobre a ontologia dos conceitos químicos produz uma fragmentação do campo, dificultando a formulação de contrapontos teóricos e metodológicos que poderiam enriquecer a pesquisa. No terreno pedagógico, essa mesma carência (a falta de um fundamento teórico consolidado para o ensino da química) agrava o problema, pois reduz a abordagem da disciplina a um viés estritamente empírico e procedimental, desconsiderando sua dimensão conceitual e filosófica (Santos, 2024).

Além disso, identifica-se uma lacuna significativa no que se refere à incorporação de aportes epistemológicos contemporâneos no exame dos conceitos químicos. Embora modelos como a abordagem estruturalista das teorias científicas, a concepção semântica das teorias e a filosofia modelo-teórica tenham promovido avanços importantes, sua aplicação no domínio

específico da química ainda se encontra em estágio incipiente, carecendo de maior sistematização e aprofundamento (Ribeiro, 2014).

Essas dificuldades não apenas impõem desafios à pesquisa, mas também condicionam suas escolhas metodológicas. Diante da ausência de referenciais amplamente estabelecidos e da carência de categorias analíticas sistematizadas, torna-se indispensável adotar uma abordagem que busque suprir as lacunas conceituais e estruturais identificadas. Faz-se necessário, portanto, um movimento reflexivo orientado à elaboração de um referencial teórico próprio. Nesse sentido, a investigação alinha-se a uma perspectiva que, nos termos de Pedro Demo, concebe a teorização como um empreendimento ativo de construção conceitual, um processo no qual o pesquisador se engaja na formulação de categorias analíticas que viabilizem uma compreensão mais aprofundada do objeto em estudo (Demo, 1995).

Essa abordagem mostra-se fundamental para a presente pesquisa, uma vez que os fundamentos ontológicos dos conceitos químicos ainda não foram amplamente estruturados no interior da filosofia da química. Assim, a metodologia adotada não se limita a reconhecer a carência de referenciais estabilizados; ela assume, ademais, o compromisso epistemológico de construir, de modo rigoroso e sistemático, um arcabouço teórico que permita avançar na compreensão dessa problemática.

Destarte, a pesquisa insere-se no paradigma qualitativo. Conforme Bogdan e Biklen (2008), esse paradigma caracteriza-se pela natureza descritiva dos dados, pela ênfase na interpretação contextualizada (sendo os dados majoritariamente textuais e imagéticos) e pela rejeição à trivialização dos fenômenos investigados, os quais são compreendidos como elementos potencialmente significativos para a construção do conhecimento. Além disso, a abordagem qualitativa privilegia o processo investigativo em detrimento de resultados fixos, adota uma perspectiva indutiva, na qual as categorias analíticas emergem a partir dos próprios dados, e confere centralidade ao significado, orientando-se por uma interpretação hermenêutica e reflexiva dos discursos e interações analisados.

Por outro lado, segundo Lüdke e André (2022), a realização de uma pesquisa qualitativa exige o confronto sistemático entre os dados coletados, as evidências obtidas e o arcabouço teórico previamente consolidado sobre a temática em questão. Esse processo, geralmente estruturado a partir da formulação de um problema de pesquisa, não apenas delimita o escopo investigativo, circunscrevendo-o a um recorte específico do conhecimento, mas também orienta o percurso metodológico adotado. Dessa forma, impõe-se ao pesquisador um compromisso rigoroso com a construção e a sistematização do saber, garantindo a coerência e a fundamentação teórica da investigação empreendida.

No que concerne à classificação, a tipologia delineada por Demo (1995) estabelece quatro eixos fundamentais de investigação: a pesquisa teórica, a metodológica, a empírica e a prática. No escopo da presente investigação, alinhada aos pressupostos da abordagem qualitativa, a pesquisa teórica constitui o vetor principal da construção empreendida.

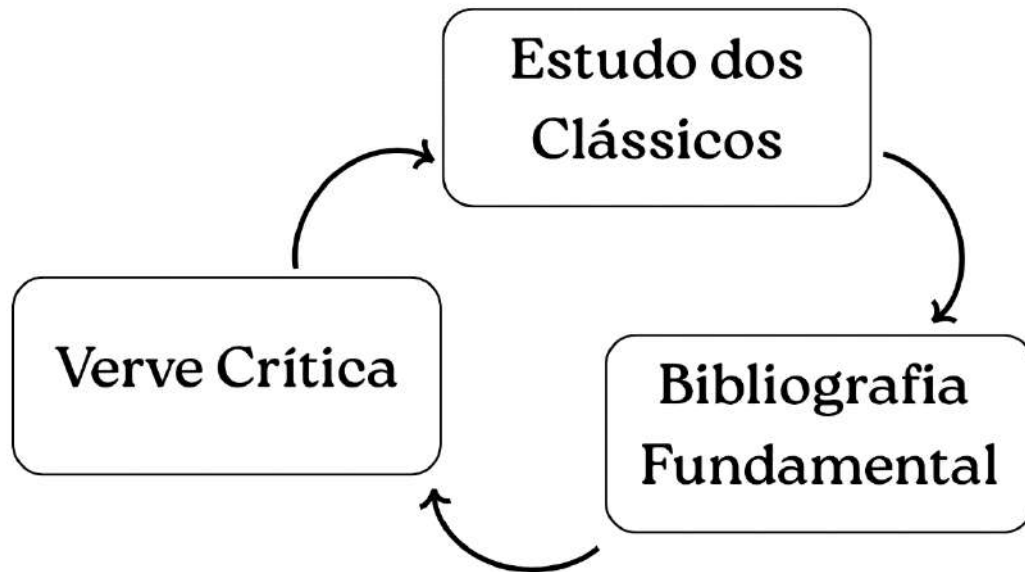
Nesse horizonte, a pesquisa teórica configura-se como a linha estruturante para a sistematização de referenciais conceituais, permitindo a edificação de modelos interpretativos que subsidiem uma compreensão aprofundada do objeto investigado. Sua relevância transcende a mera catalogação de ideias, assentando-se na tessitura crítica de esquemas explicativos que orientam o delineamento do problema e suas implicações no campo do saber.

O percurso metodológico inerente à pesquisa teórica desdobra-se em três momentos cruciais, os quais não precisam ocorrer necessariamente de forma sequencial. O primeiro deles é a apropriação dos clássicos da disciplina. A leitura dessas obras possibilita não apenas o acesso ao conhecimento acumulado, mas também a identificação de polêmicas persistentes, a sedimentação de paradigmas e a demarcação de práticas investigativas historicamente consolidadas.

O segundo momento diz respeito ao domínio da bibliografia fundamental. Por meio dela, torna-se viável a inserção do pesquisador no debate contemporâneo, permitindo-lhe estabelecer interlocuções críticas com a produção acadêmica vigente e posicionar-se diante das formulações teóricas preexistentes.

O terceiro eixo fundamental repousa na instauração da verve crítica, condição crucial para a consolidação do pensamento científico. O rigor da pesquisa teórica não se circunscreve à erudição acumulativa ou ao exercício exaustivo da citação; manifesta-se, antes, na capacidade de interrogar, ressignificar e reconstruir conceitualmente o conhecimento. A solidez do pesquisador, nesse sentido, não se vincula a uma postura de adesão incondicional a teorias preestabelecidas, mas sim à edificação de uma perspectiva autônoma, capaz de fomentar inovações epistêmicas e contribuir substantivamente para a expansão do campo investigativo.

Figura 1 - Etapas da Pesquisa Teórica



Fonte: Autor, adaptado de Demo (1995).

A adoção do método de investigação teórica para examinar os fundamentos ontológicos dos conceitos químicos encontra sua justificativa na própria natureza do objeto em análise. Trata-se de um domínio que exige, necessariamente, aprofundamento conceitual, reconstrução crítica dos referenciais epistemológicos e diálogo rigoroso com as tradições filosófica e científica. O quadro apresentado sintetiza as etapas desse percurso investigativo.

O corpus da pesquisa é predominantemente bibliográfico. Compõem-no a revisão de artigos e de obras fundamentais situadas em dois grandes eixos: o da filosofia geral e o da filosofia da química, além de publicações científicas vinculadas à área do ensino de química. No tocante à seleção dos artigos, a análise concentrou-se em três canais de referência. No domínio da filosofia da química, delimitou-se o escopo a duas revistas especializadas de expressiva relevância internacional, *Hyle* e *Foundations of Chemistry*, amplamente reconhecidas como os principais periódicos da área (Ribeiro, 2014; Santos, 2024).

Para as demais produções científicas, recorreu-se ao Portal de Periódicos da Capes. A escolha justifica-se pela abrangência, pela diversidade temática e pelo reconhecimento institucional dessa plataforma, que se configura como um dos mais extensos e consolidados repositórios de artigos científicos em escala internacional. A seleção desses periódicos deve-se à sua centralidade na difusão acadêmica dos debates concernentes à filosofia e ao ensino de

química, constituindo-se, portanto, em fontes essenciais para a problematização dos fundamentos ontológicos dos conceitos químicos no âmbito desta investigação.

Neste estudo, empreendemos uma revisão sistemática. Conforme Cavalcante e Oliveira (2020), tal procedimento caracteriza-se como uma investigação meticulosa e estruturada, orientada ao respondimento de uma questão específica por meio de estratégias metodológicas transparentes e passíveis de replicação. Essa abordagem viabiliza a síntese criteriosa de múltiplos estudos primários concernentes a um mesmo objeto de análise, assegurando que os resultados obtidos sejam submetidos a exame crítico e aprofundado.

A construção do referencial teórico fundamentou-se em uma revisão da literatura situada na interface entre ensino de química e estudo dos conceitos, com ênfase na seleção de artigos científicos majoritariamente submetidos à revisão por pares. O processo desenvolveu-se em etapas. Inicialmente, realizou-se a leitura flutuante (Bardin, 2015) de títulos, resumos e palavras-chave, o que permitiu um mapeamento preliminar do material disponível. Em seguida, procedemos ao exame aprofundado das produções que apresentavam convergências conceituais ou aproximações com a perspectiva adotada no estudo. Essa estratégia garantiu a seleção criteriosa dos trabalhos mais pertinentes à problematização proposta, viabilizando uma análise densa e rigorosa do objeto investigado.

A pesquisa está sendo estruturada em quatro capítulos centrais. Cabe adiantar que, nos três primeiros capítulos, a tessitura argumentativa conduzirá o leitor a uma compreensão inicial e fundamental acerca do estudo dos conceitos na educação científica e no ensino de química, ao mesmo tempo em que se procederá a uma apresentação categórica da configuração epistemológica do campo.

O primeiro capítulo assume um caráter diagnóstico. Nele, conduzimos uma análise minuciosa da literatura especializada no estudo dos conceitos no ensino de química, com o intuito de sistematizar as produções acadêmicas que abordam essa interface. O objetivo central desse esforço foi consolidar uma visão abrangente sobre as principais convergências, assimilações e eixos conceituais, bem como identificar as carências e fortalezas presentes nas discussões sobre o tema. Essa abordagem permitiu a identificação dos enfoques predominantes e das tendências teóricas emergentes no ensino dos conceitos químicos, destacando, de maneira crítica, as lacunas e os desafios que persistem nas discussões pedagógicas contemporâneas.

No segundo capítulo, desenvolvemos uma discussão ancorada na filosofia geral, tomando a ontologia como ferramenta privilegiada de escrutínio filosófico. O percurso argumentativo inicia-se pelo delineamento das distinções e articulações entre metafísica geral e ontologia, explicitando seus campos de incidência e seus alcances conceituais. Na sequência,

examina-se a função da ontologia enquanto dispositivo analítico capaz de interrogar os modos de existência, os critérios de inteligibilidade e as condições de possibilidade das explicações científicas. Essa discussão é aprofundada por meio da análise das relações entre ontologia e explicação, evidenciando como diferentes compromissos ontológicos informam estruturas explicativas distintas.

O terceiro capítulo consiste em uma incursão pela filosofia da química. Buscamos identificar os principais marcos conceituais e as tensões epistemológicas e ontológicas que estruturam esse campo emergente. A partir da análise de obras e autores centrais, procuramos compreender de que modo a filosofia da química problematiza a natureza dos conceitos químicos, suas condições de emergência e suas implicações para a compreensão da ciência. Essa investigação permitiu delinear os contornos teórico-filosóficos do campo e oferecer elementos para a análise crítica dos fundamentos conceituais da química.

O quarto capítulo realiza uma problematização das questões delineadas no capítulo inicial, agora à luz das contribuições da filosofia geral e da filosofia da química. Cruzamos os achados dos capítulos anteriores e lançamos uma proposição. O objetivo é articular os problemas epistemológicos e ontológicos previamente identificados com os aportes conceituais e analíticos discutidos nos capítulos precedentes, de modo a evidenciar as ressonâncias, deslocamentos e tensões que atravessam o debate contemporâneo sobre o ensino de química. Nesse movimento, buscamos elaborar uma reflexão integrativa que relacione ontologia, filosofia da química e ensino de química, contribuindo para o alargamento do horizonte epistemológico do campo.

CAPÍTULO 1: Estudo dos conceitos na Agenda de Investigação da Educação Química

Este capítulo tem por objetivo sistematizar e situar o debate concernente ao ensino dos conceitos na química enquanto disciplina escolar, mapeando as principais tendências investigativas que conformam o campo e estabelecendo uma agenda de problemáticas centrais que demandam aprofundamento teórico e metodológico. Para tanto, procede-se à identificação dos principais referenciais teóricos, das temáticas fundamentais e transversais que perpassam as pesquisas na área, das relações interdisciplinares que complexificam a compreensão dos conceitos químicos e das distintas formas de caracterização da química enquanto disciplina científica e escolar. Adicionalmente, discute-se as abordagens pedagógicas que orientam as a didática do ensino da química, os constructos conceituais estruturantes da área e as grandes subdivisões da química que mantêm maior interface com a problematização epistemológica dos conceitos.

A partir de uma análise preliminar, observa-se que, embora o ensino de conceitos na química constitua um campo de investigação consolidado, há uma notável fragmentação metodológica e epistemológica no interior das pesquisas, evidenciando distintas tradições de pensamento e perspectivas de análise. Destaca-se, ainda, que, apesar de o exame ontológico e conceitual ser tradicionalmente vinculado ao escopo da filosofia, cabe à ciência química o compromisso de garantir a clareza e a precisão de seus fundamentos conceituais, ao passo que, no âmbito pedagógico (escolas, universidades), emerge a necessidade de assegurar a eficácia dos processos de ensino, de apropriação e de sistematização rigorosa desses conceitos no contexto educacional.

Nesta análise, nos detivemos exclusivamente em artigos revisados por pares, publicados nos últimos cinco anos. Buscamos averiguar sistematicamente a presença concomitante dos descritores; conceitos e ensino de química no material bibliográfico selecionado, considerando sua frequência em termos quantitativos.

Os resultados indicam uma constância na investigação da área, evidenciando que, ao longo dos anos, muitos trabalhos voltados ao estudo e ensino de conceitos estão inseridos na grande área do ensino de química. No entanto, observa-se que grande parte dessa produção não se preocupa em centralizar a discussão em um conceito químico específico, embora algumas pesquisas apresentadas aqui demonstrem tal centralidade.

Inicialmente, localizamos e reunimos cerca de cento e cinquenta e cinco artigos com características alinhadas às nossas intenções de pesquisa. Após a primeira análise, com base nos critérios anteriormente supracitados, definimos uma amostragem composta por oitenta e

quatro trabalhos, enquanto os outros setenta e um foram descartados por não atenderem aos critérios predefinidos ou, ainda que os contemplassem em alguma medida, não estabelecerem uma relação suficientemente consistente com nossa abordagem, que se concentrou na discussão diretiva e pedagógica dos conceitos químicos.

Esta etapa da investigação estrutura-se como uma análise temática fundamentada nos dados obtidos, com ênfase principal no Portal de Periódicos da Capes. O exame incidirá sobre o conteúdo presente nos núcleos problemáticos e nos campos de investigação concernentes ao ensino de conceitos químicos, buscando mapear recorrências conceituais, vertentes metodológicas e articulações teóricas predominantes.

Trata-se de uma análise temática, concentrando-se no conteúdo dos trabalhos, e não necessariamente no como é formulado, em consonância com a perspectiva proposta por Bardin (2015) A interpretação dos dados será conduzida à luz do desenvolvimento temático empreendido pelo pesquisador, articulando-se com a influência das matrizes teóricas subjacentes, os objetivos específicos da investigação e outros fatores determinantes na configuração das problemáticas analisadas.

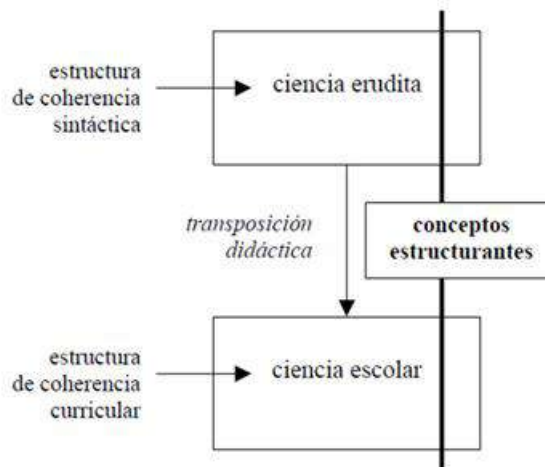
1.1 A explicação científica como centro da transmissão da cultura científica

A explicação científica constitui-se como um dos processos estruturantes da atividade científica, orientada também à elucidação de suas causas, mecanismos e fundamentos subjacentes (Garrison & Bentley, 2010). Diferentemente de uma descrição empírica, a explicação mobiliza conceitos (Kant & Mattos, 2015) e articula-se a partir da estrutura teórica que sustenta a própria ciência.

No âmbito da química, este movimento explicativo revela-se intrinsecamente multifacetado, uma vez que se realiza mediante a mediação de modelos, representações e abstrações que operam como formas de inteligibilidade da realidade (Schummer, 2014). Nesse sentido, pode-se afirmar que um mesmo conceito químico se manifesta em distintos graus de representação (Smith, 2004; Taber, 2020), conservando, entretanto, um referente comum que se desdobra em múltiplas possibilidades de expressão (Earley, 2005).

O desafio maior, contudo, emerge quando se desloca a explicação química de seu campo de origem para o espaço escolar. Trata-se de uma transposição didática, um processo de mediação que exige reconstrução conceitual e contextualização pedagógica, questão que está na agenda das investigações didáticas contemporâneas, como se pode observar na a seguir.

Figura 2 - Transposição Didática



Fonte: Adúriz-Bravo (2001)

Até este ponto da exposição, é possível vislumbrar a amplitude e a complexidade que caracteriza o estudo dos conceitos no campo da educação científica, compreendido, aqui, como o exame das formas, estratégias e abordagens mediante as quais o ensino conceitual é tematizado. Presumimos que o leitor já tenha apreendido, nesse percurso, a centralidade que a explicação científica assume na filosofia da ciência e divulgação científica, bem como os múltiplos modos por meio dos quais ela se configura e se transforma na educação científica.

Cumpre assinalar que tal configuração não é contingente, mas histórica, e se inscreve no cerne da própria cultura científica (Adúriz-Bravo, 2004) O ensino dos conceitos, nesse sentido, não apenas se entrelaça com a explicação científica, mas constitui uma de suas manifestações mais sistemáticas e recorrentes, conforme apontam Mortimer & Scott, (2002); Ogborn (2008). Trata-se, portanto, de uma articulação fundante entre didática e epistemologia, cuja compreensão demanda um olhar atento às lógicas discursivas que sustentam a constituição e a circulação dos conceitos no espaço pedagógico.

Apontamos que a explicação científica constitui-se, em sua tessitura fundamental, por uma articulação oriunda tanto da tradição da filosofia geral quanto dos desdobramentos específicos da filosofia da ciência (Chalmers, 1993; Moreira, 2011; Ribeiro, 2014). Essa configuração emerge como resultado de uma operação unificadora que, à maneira de uma síntese epistemológica, incorpora pressupostos acerca da natureza do conceito e de sua função cognitiva (Kant & Mattos, 2015). Assim, a estrutura explicativa assume a forma de um

dispositivo que conjuga, dialeticamente, os critérios de suficiência e de necessidade, tornando-se condição de possibilidade para a progressão cumulativa e o refinamento das compreensões no interior do discurso científico (Laurenti & Cass, 2007).

Cumpramos esclarecer, desde já, que a explicação científica, tal como a concebemos neste trabalho, não se esgota em si mesma, mas se inscreve como parte constituinte de um complexo mais amplo que conforma o campo da educação em ciências. Nesse horizonte, adotamos deliberadamente uma perspectiva não reducionista, recusando a identificação simplista entre o ensino de ciências e a mera transmissão de conceitos. Concordamos, nesse sentido, com a concepção de Bruner (1996), segundo a qual o ensino de ciências não pode ser reduzido a um exercício de transferência linear de conteúdos.

O que nos propomos, neste ponto, é delinear como a explicação científica se inscreve no interior da cultura científica, constituindo não apenas um dos pilares fundantes do pensamento científico, mas também sua expressão privilegiada por meio da formulação e sistematização dos conceitos (Bachelard, 2006; Foucault, 2021). A relevância desta problematização reside no fato de que os modos pelos quais o entendimento científico é construído, categorizado e validado no interior de um dado paradigma resultam de operações conceituais complexas, historicamente situadas e filosoficamente mediadas.⁵

É nesse sentido que a filosofia assume, na tradição crítica contemporânea, a tarefa de interrogar os próprios conceitos, como operadores de realidade, dispositivos de ordenamento do mundo e vetores de subjetivação (Deleuze & Guattari, 2010). Assim, o exame da constituição dos conceitos científicos se articula a um projeto mais amplo, empreendido por diferentes autores, em distintas épocas, mas convergente na intenção de compreender os mecanismos pelos quais o saber científico se autoriza, se estabiliza e se legitima enquanto forma dominante de inteligibilidade.

1.2 Pesquisa sobre conceitos na agenda da Educação Científica

Em um momento antecedente à análise da inserção do estudo de conceitos no escopo das pesquisas em ensino de Química, faz-se relevante a abordagem histórica acerca da manifestação do ensino de conceitos na educação científica. Para tanto, impõe-se a observação

⁵ Para este excerto, destacamos as contribuições de diversos autores da filosofia da ciência que de forma direta ou tangencial problematizaram essa temática, entre eles destacam-se: Thomas Kuhn, Ludwik Fleck, Gaston Bachelard, Imre Lakatos e Karl Popper.

acurada das origens dessa problemática e, concomitantemente, da configuração pedagógica que o ensino de conceitos assume na educação em tempos atuais.

Em conformidade com nossa discussão até este ponto, apontamos que a pesquisa sobre conceitos (como são apreendidos) situa-se no centro da agenda da educação científica (Penick, 1998; Silva et al., 2021). Essa centralidade se expressa, principalmente, nos modos pelos quais se manifestam o ensino, o desenvolvimento e a aprendizagem de conceitos científicos, a partir de múltiplos aportes teóricos e metodológicos.

Duas inflexões, desde já, merecem ser destacadas. A primeira diz respeito ao próprio estatuto da noção de conceito na educação científica, que tem passado por um movimento histórico silencioso, mas decisivo. Conforme aponta Coelho (2016), observa-se, nesse percurso, o abandono gradual de uma concepção tradicional, na qual os conceitos eram tratados como entidades abstratas, descontextualizadas, ofertadas aos alunos como verdades a serem assimiladas em sequência linear e sem margem para questionamento. Em seu lugar, emerge uma compreensão mais dinâmica e situada, que reconhece os conceitos como construções simbólicas, social e historicamente mediadas, atravessadas por práticas de linguagem, experiências vividas e disputas epistemológicas (Guangrui et al., 2025).

A segunda inflexão diz respeito ao modo como o ensino de conceitos tem sido compreendido nos debates contemporâneos da educação científica. Já não se trata de transmitir conteúdos prontos, mas de fomentar processos de compreensão, construção de significados e articulação entre linguagem, cognição e experiência (Werneck, 2006).

Essas duas direções, ao mesmo tempo teóricas e metodológicas, serão aprofundadas nas seções que seguem, na medida em que revelam não apenas uma mudança de forma, mas uma reconfiguração daquilo que se entende por ensinar e aprender conceitos científicos.

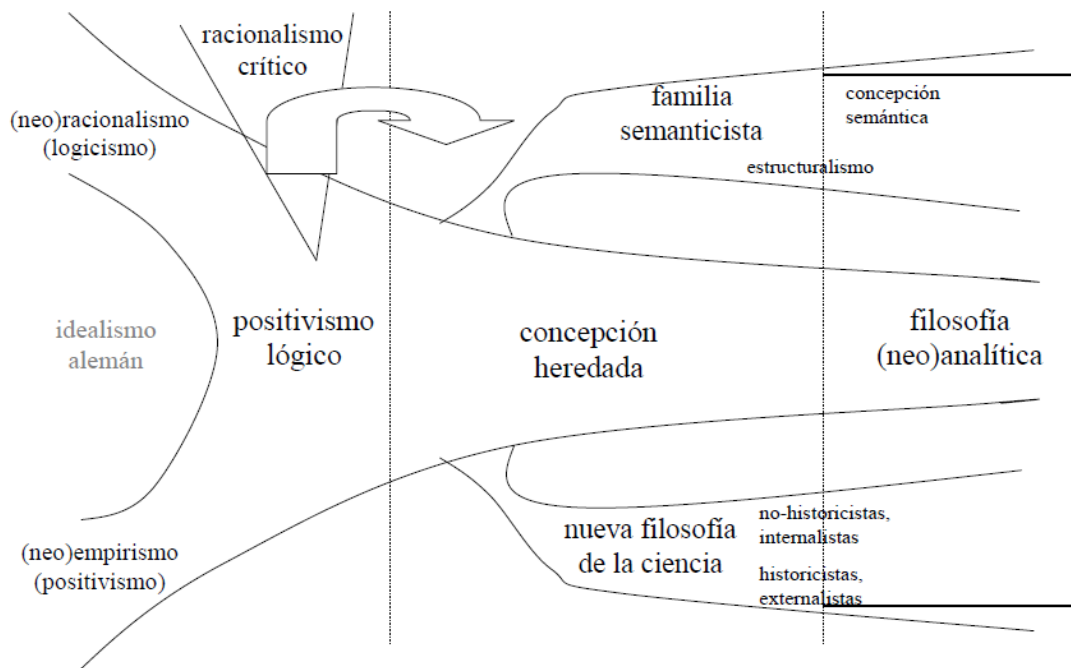
1.3 Tradições da Epistemologia das Ciências no ensino dos conceitos científicos

Referente à temática do ensino de conceitos, delineiam-se, na esteira teórico-metodológica da educação científica, três momentos de significativa inflexão para essa problemática⁶: 1) o positivismo lógico, 2) o racionalismo crítico, 3) a nova filosofia da ciência e as investigações contemporâneas. O propósito, doravante, reside em analisar esses períodos

⁶Ver (Adúriz-Bravo, 2004).

e, assim, sistematizar a investigação referente ao ensino de conceitos no âmbito da educação científica.

Figura 2 - Movimentação Histórica da Educação Científica



Fonte: Adúriz-Bravo (2001)

A imagem apresentada organiza visualmente as principais correntes da filosofia da ciência anteriormente mencionadas, destacando suas conexões e evolução. Ela serve como um mapa conceitual que ajuda a entender como essas abordagens se relacionam e influenciam o ensino de conceitos científicos. E deste modo, apontamos adiante para os principais pontos de entrelaçamento desde debate no núcleo da educação científica.

1.3.1 O positivismo lógico

No que tange ao positivismo lógico, observa-se que, apesar de sua relevância para a lógica da ciência, este momento teórico-metodológico afetou os modos de se pensar a didática das ciências (Mortimer, 2000). Este movimento direcionava sua atenção de forma menos intensa às especificidades do processo de apropriação dos conceitos científicos pelo aluno,

privilegiando a lógica da validação e a análise estrutural do conhecimento científico enquanto produto final (Chalmers, 1993).

Privilegiava-se a transmissão clara e precisa dos fatos empiricamente verificáveis, das leis e dos princípios científicos, entendidos como elementos constituintes de uma estrutura lógica e objetiva (Santos, 2022). O enfoque recaía, portanto, na apresentação do conhecimento como um produto acabado e universalmente válido, com menor atenção às dinâmicas de construção ou (re)elaboração individual do aluno. A evidência empírica era apresentada para sustentar as afirmações teóricas, reforçando a natureza objetiva do saber transmitido. A didática pautava-se, em grande medida, pela exposição do conteúdo de forma sistemática e sequencial, visando à assimilação fiel das definições e relações conceituais estabelecidas (Adúriz-Bravo, 2001).

Depreende-se, da análise, que este momento teórico-metodológico dedicou menor atenção à problemática atinente ao ensino de conceitos científicos. Percebe-se que a preocupação com a lógica empírica-instrumental dos conceitos condicionava o ensino a privilegiar a assimilação fiel das definições e procedimentos validados, em detrimento da construção ativa ou da exploração crítica por parte do aluno.

1.3.2 O racionalismo crítico

Conforme apresentado por Moreira (2011), o racionalismo crítico assenta-se sobre teses fundamentais que delineiam sua compreensão acerca da ciência, postulando o conhecimento científico como uma construção essencialmente humana; a refutabilidade como o critério crucial de demarcação entre o discurso considerado científico e outros tipos de conhecimento ou crença; e uma concepção inovadora e dinâmica do próprio método científico.

Neste estágio da evolução teórico-metodológica da educação científica, configura-se uma inflexão significativa no estilo do ensino de conceitos. Distanciando-se da abordagem anterior, em que os conteúdos eram sistematizados em estruturas de caráter universal, este movimento passa a conceber os conceitos científicos como entidades de natureza não absoluta, possivelmente provisórias e passíveis de falseamento.

No âmbito do ensino de ciências, essa perspectiva se traduz na necessidade de apresentar os conceitos científicos não como verdades finais e inquestionáveis, mas sim como as melhores explicações disponíveis em dado momento histórico, suscetíveis a testes e potenciais refutações. Nesta abordagem, torna-se fundamental compreender a própria natureza da ciência

em sua intrínseca dinâmica de conjecturas e críticas, tal como elucidado por Adúriz-Bravo (2004).

Observa-se que, no que se refere especificamente ao ensino dos conceitos, este movimento demonstra a tendência de agregar questões de cunho histórico e filosófico à abordagem didática. Contudo, apesar de se notar que os fundamentos intrínsecos dos conceitos ainda não são plenamente problematizados, manifesta-se uma preocupação em evidenciar a natureza não universal e não imutável do conhecimento.

1.3.3 A nova filosofia da ciência e as investigações contemporâneas

Este período é caracterizado pelas investigações de autores que emergiram após o Círculo de Viena (Sobrinho et al., 2017) e que, de modo significativo, dedicam-se à crítica à lógica positivista.

É particularmente relevante neste período a contribuição de autores que se dedicaram a pesquisas e reflexões com impacto direto na didática do ensino de ciências, diferenciando-se das influências de caráter mais indireto observadas anteriormente. Destaca-se que a didática das ciências apenas é formalizada como uma área do conhecimento entre as décadas de 80 a 90 (Cachapuz et al., 2001). Por outro lado, destacamos a presença de pesquisas semelhantes em período anterior, as quais discutiremos adiante.

Em consonância com a análise precedente, torna-se relevante destacar⁷ as contribuições de pensadores cujas ideias penetraram, de forma significativa, nos campos da pedagogia, da filosofia e da psicologia, com especial ênfase em suas interconexões no processo de construção e reestruturação dos conceitos científicos.

No âmbito da psicologia educacional, a teoria da **aprendizagem significativa** de David Ausubel destaca a ancoragem do novo conhecimento na estrutura cognitiva preexistente, contrastando com a memorização mecânica (Coelho et al., 2019). De outra, também no campo da psicologia, destacam-se os contributos de Piaget que articulam a experiência⁸ e aprendizagem dos conceitos em **esquemas mentais** que se equilibram através da assimilação das informações (Corrêa, 2017). Derivados dessas perspectivas, os **mapas conceituais** de

⁷ Para facilitar a percepção do leitor, os momentos de inflexão do ensino de conceitos serão destacados em negrito.

⁸ À luz da Epistemologia Genética, os conceitos não são dados prévios, mas resultam de um processo contínuo de transformação dos sistemas de significação e das estruturas lógicas do sujeito (Andrade, 2013).

Joseph D. Novak oferecem uma ferramenta visual para representar a estrutura e as relações entre conceitos (Santos et al., 2021).

Paralelamente, na epistemologia, Gaston Bachelard introduziu a noção de obstáculos epistemológicos, analisando como ideias do senso comum ou de estágios anteriores do pensamento atuam como barreiras ao desenvolvimento do saber científico (SOUZA et al., 2024). Complementarmente, o conceito de perfis epistemológicos, cunhado em Bachelard, encontra relação com Mortimer, especificamente com o **perfil conceitual**, que detalha essa ideia como um conjunto de formas de pensar acionadas pela situação (Silva et al., 2024). Desse modo, descreve a coexistência de múltiplos modos de pensar sobre um mesmo conceito, ativados contextualmente.

Na psicologia do desenvolvimento, Lev Vygotsky salientou a interação dialética entre **conceitos espontâneos**, adquiridos cotidianamente, e conceitos científicos, mediada pela interação social e instrução formal, para o desenvolvimento do pensamento abstrato (Nébias, 1999).

Também, destacamos o campo da **mudança conceitual** que encontra seu fundamento em diversas perspectivas teóricas que abordam a aprendizagem e a natureza do conhecimento. Formalizado por Posner, este campo dedica-se a investigar e modelar como as ideias dos aprendizes são reestruturadas frente a novos conhecimentos (Arruda & Villani, 1994).

Este período estende-se até a atualidade, e é marcado pela prevalência de perspectivas de natureza cognitiva e construtivista (Cachapuz et al., 2001). De outra, nota-se que os modelos didáticos passam a integrar solidamente aspectos psicológicos, pedagógicos e epistemológicos (Adúriz-Bravo, 2004).

Neste ponto da discussão, observa-se um deslocamento da problemática atinente ao ensino de conceitos em direção a um enfoque predominantemente cognitivo, que privilegia os aspectos psicológicos à aprendizagem dos conceitos científicos. Conseqüentemente, a perspectiva ontológica que emerge dessa abordagem didática e psicológica concebe o conceito científico não como uma essência transcendental de cunho platônico ou um reflexo especular da realidade objetiva. Em vez disso, o conceito científico é apreendido como uma ferramenta de natureza cognitiva e socialmente contextualizada, cuja validade ou operatividade reside intrinsecamente em sua capacidade de estruturar a experiência, possibilitar a previsão de fenômenos e funcionar coerentemente no âmbito de um sistema teórico e prático determinado.

1.4 O estudo dos conceitos químicos na literatura em Educação Química

Uma vez percorrida a trajetória teórico-metodológica que delineou o ensino de conceitos ao longo do desenvolvimento histórico da didática das ciências, dirigimos agora nosso olhar às investigações mais recentes acerca do ensino de conceitos no âmbito específico da química. Cumpre assinalar que, no conjunto de nossa amostragem, não identificamos qualquer trabalho em que a problematização do ensino de conceitos se desse no nível superior. Diante dessa constatação, a análise recairá sobre os achados relativos ao ensino médio.

Verifica-se, nos materiais examinados, uma presença expressiva e plural de distintas abordagens pedagógicas e de variados recursos didáticos voltados ao ensino dos conceitos químicos. Dentre as estratégias que despontam com maior frequência, figuram as sequências didáticas, a problematização ancorada em eixos temáticos, bem como o uso de ferramentas de caráter lúdico, a exemplo de histórias em quadrinhos, jogos de tabuleiro e atividades recreativas. Somam-se a essas, com recorrência notável, as abordagens que privilegiam o ensino mediante resolução de problemas, a experimentação de caráter prático e a integração de conteúdos contextualizados a questões do cotidiano dos educandos.

Todavia, uma leitura mais detida revela que, não obstante a diversidade de técnicas pedagógicas mobilizadas no ensino de conceitos químicos, persiste uma lacuna substantiva no que tange a uma abordagem metodológica capaz de articular, de maneira consistente, a linguagem, a reflexão filosófica e a lógica que constitui a própria tessitura de um conceito químico, sobretudo quando se pretende uma investigação de cunho diretamente ontológico.

Em exame preliminar, destaca-se que o ensino desses conceitos tende a concentrar-se prioritariamente em questões de aplicação metodológica, relegando, com frequência, a um plano secundário a reflexão crítica e a apreensão epistemológica dos fundamentos estruturantes que dão sustento aos próprios conceitos químicos.

Sob uma perspectiva ontológica, o que se observa é que o ensino de conceitos químicos (ECQ) situa-se predominantemente em dimensões⁹ práticas, experimentais e lúdicas, em detrimento de um escrutínio filosófico mais sistemático, aquele que, por excelência, caracteriza o pensamento filosófico. Não obstante, cumpre registrar a existência de trabalhos que se dedicam a problematizações de modo mais direto nos aspectos cognitivos, aprofundando-se em reflexões de maior densidade teórica, ainda que tais esforços não configurem a tônica predominante do campo.

⁹ As dimensões mencionadas neste trabalho correspondem às categorias analíticas construídas no âmbito da investigação, a partir do procedimento de análise temática conforme sistematizado por Bardin (2011). Estas categorias não foram previamente definidas, mas emergiram do processo interpretativo de leitura.

Quadro 1 - Autores e Abordagens no ECQ

Dimensões do Ensino	Autores	Abordagens
Dimensão Prática	(Almeida et al., 2023; Batista et al., 2020; Colpo & Wenzel, 2021; Filgueiras et al., 2023; Freitas et al., 2022; Haupt et al., 2021; Junior et al., 2020; Leão et al., 2024; Marques et al., 2020; Monteiro et al., 2022; Niculau et al., 2023; L. R. de Oliveira et al., 2022; Prado & Tavares, 2020; Roscoff et al., 2022; Santos et al., 2014; M. R. G. da Silva et al., 2024; Silva & Fonseca, 2021; Silva & Pinheiro, 2021; Silva et al., 2020; Soares et al., 2020; Targino & Giordan, 2021)	Aprendizagem baseada em problemas, construção de material didático, desenvolvimento de protótipos e modelos experimentais, estudo de caso, uso de tecnologias e ferramentas digitais, técnicas de leitura, metodologias ativas, oficinas, sequências didáticas.
Dimensão Experimental	(Coutinho et al., 2024; Freitas et al., 2022; Leite, 2023; Maraschin & Lindemann, 2024; Monteiro et al., 2022; Quevedo & Zucolotto, 2020; Riquiere & Amaral, 2024; Santos & Siqueira, 2022; Silva & Pinheiro, 2021; Sousa et al., 2023, 2020; Zanuzzo et al., 2022)	Experimentos laboratoriais, investigação científica, observação e análise de fenômenos químicos cotidianos, projetos de pesquisa em grupo, método de ensino por descoberta, sequências didáticas.
Dimensão Lúdica	(Araújo & Leão, 2021, 2021; Benedetti et al., 2021, 2021; Borges et al., 2021; Cardoso et al., 2022; Costa & Magalhães, 2022; Evaristo et al., 2020; Filho et al., 2020; Gomes et al., 2021; Lopes et al., 2024; Lorensen et	Jogos de tabuleiro, simulações e dramatizações, histórias em quadrinhos e narrativas, aprendizagem baseada em jogos, gamificação, contação de histórias, atividades de

	al., 2020; Martins & Fernandes, 2020; Rezende et al., 2020; Sales et al., 2020; Scardini et al., 2024)	criação (modelagem, artes, construção).
Dimensão Cognitiva-Reflexiva	(Alves et al., 2024; Barbosa & Neto, 2022; Dias & Terra, 2021; Fagundes et al., 2021; Gomes et al., 2021; Neto, 2024; Reis & Kavalek, 2023; Silva & Bizerra, 2021; Silva & Lima, 2020)	Assimilação de conceitos, mapas conceituais, historicidade dos conceitos, aspectos culturais dos conceitos, mereologia, reducionismo, obstáculos epistemológicos

Fonte: Autor

A síntese apresentada no quadro anterior organiza as técnicas empregadas no ensino de conceitos químicos, situando-as em diferentes dimensões ontológicas concernentes às metodologias de ensino examinadas. Em virtude do caráter eminentemente epistemológico que reveste do quadro sintetizado, optamos por excluir da categorização os trabalhos que se dedicam exclusivamente a revisões bibliográficas¹⁰ sobre a literatura vigente a respeito do tema, embora esses estudos ainda componham o escopo mais amplo da discussão aqui proposta.

Observa-se que as estratégias aplicadas ao ensino da química abrangem um espectro amplo e diversificado de abordagens. Vão desde metodologias de cunho investigativo e experimental até recursos lúdicos e digitais. Essas técnicas, cujas marcas distintivas são a interatividade, a exploração e a contextualização, representam um afastamento sensível do modelo tradicional, centrado na memorização e na exposição teórica. Deslocam, assim, o foco para a construção ativa do conhecimento, para a promoção da autonomia dos educandos e para a valorização da interdisciplinaridade, tornando o aprendizado potencialmente mais significativo e engajador.

Todavia, essa multiplicidade de estratégias, ainda que evidencie uma preocupação legítima com a inovação no ensino da química, frequentemente padece de um rigor analítico de base filosófica que pudesse sustentar suas premissas e justificar sua aplicação. Em nossa investigação, do total de oitenta e quatro trabalhos analisados, apenas nove se dedicam a

¹⁰ Caso o leitor tenha interesse em checar estas pesquisas, ver: (Caetano & Leão, 2022; Delamuta et al., 2020; Durand & Garcia, 2024; Giffoni et al., 2020; Grando & Cleophas, 2020; Lopes & Silva, 2022; Marra & Corrêa, 2024; Rodrigues & Dantas, 2024; Silva & Neto, 2021; Vieira et al., 2021)

problematizar o ensino de conceitos químicos por meio do pensamento e da reflexão. A grande maioria dessas metodologias é adotada de maneira pragmática, movida por discursos pedagógicos que enfatizam a ludicidade, a motivação e o engajamento dos alunos, sem que haja uma reflexão aprofundada sobre suas implicações filosóficas¹¹.

Ao privilegiarem a experimentação e a aplicabilidade imediata dos conceitos químicos, essas estratégias podem acabar obscurecendo questões fundamentais, como o pensamento, a apreensão e a reflexão acerca dos conceitos, questões essas relativas à natureza da ciência e aos processos que legitimam a construção do conhecimento científico.

No sentido ontológico em que a obra do pensador Martin Heidegger (1967, p. 24) move-se, pensar não é uma opção subjetiva, mas uma necessidade que o próprio ser nos coloca. [...] Porém, na medida em que a ação educativa não reconhece em seu sentido o pensar o conhecido (e levá-lo ao desconhecido), ela não pode ser criativa, ou seja, dar espaço para o desdobrar-se de alunos e professores enquanto o que são, o que tende a restringir e a obnubilar suas possibilidades. (Costa, 2018)

Conforme revela nossa análise, o ensino dos conceitos químicos ainda se organiza segundo uma lógica de caráter instrumental. Essa lógica privilegia a transmissão eficiente dos conceitos, em detrimento da problematização de seus alicerces fundamentais. Nesse modelo, aprende-se como sinônimo de assimilação de conteúdos previamente estruturados, sem que se abram espaços efetivos para a reflexão crítica acerca das condições que tornam esses conceitos possíveis. A ênfase recai sobre a aplicabilidade imediata do conhecimento, o que acaba por reduzi-lo a um conjunto de ferramentas operacionais. Dimensões mais complexas, como a construção histórica do saber, suas controvérsias epistemológicas e suas implicações filosóficas, permanecem, por sua vez, à margem do processo educativo.

Essa perspectiva de ensino dificulta uma compreensão mais ampla da química, confinando-a a um repertório de regras e procedimentos. O caráter dinâmico e permanentemente transformador da disciplina acaba, assim, não sendo percebido. A ausência de um debate mais aprofundado sobre os fundamentos teóricos dos conceitos transmitidos conduz a um aprendizado fragmentado. Nesse quadro, a compreensão dos fenômenos reduz-se

¹¹ As afirmações mobilizadas neste excerto derivam-se exclusivamente da análise dos artigos publicados pelos próprios pesquisadores, com especial atenção às seções metodológicas e às considerações finais dos trabalhos. Nesses trechos, os autores explicitam, de modo recorrente, os motivos e interesses que orientam a escolha de determinadas metodologias, frequentemente associados a critérios como maior engajamento dos estudantes, sem, contudo, apresentarem de forma explícita, seja na opção metodológica, no referencial teórico ou nas considerações finais, fundamentos ou problematizações de natureza filosófica que sustentem ou justifiquem suas abordagens.

à reprodução de modelos e fórmulas, sem que se proceda a um exame crítico de suas limitações e pressupostos. Em última instância, essa abordagem compromete a formação de um pensamento científico mais elaborado, rebaixando a aprendizagem à condição de exercício técnico, desprovido de questionamento e reflexão. Desse modo, os conceitos químicos são transmitidos, mas não são efetivamente pensados.

1.4.1 Ausência da problematização sobre os fundamentos

A atividade de examinar conceitos de maneira rigorosa pertence, por sua própria natureza, ao campo da filosofia, conforme assinalam Deleuze e Guattari (2010) e Kant e Mattos (2015). Diante desse pressuposto, impõe-se uma indagação: como seria possível erigir alicerces sólidos para um empreendimento didático-pedagógico dessa ordem sem a inserção central de uma prática de cunho ontológico e filosófico? Notamos que, mesmo nos casos em que os conceitos são objeto de reflexão, a investigação ainda padece de falta de rigor filosófico, recaindo frequentemente em aspectos operacionais, como a relação e a assimilação de semelhanças.

Observamos, ademais, que a transmissão dos conceitos no ensino de química tende a se apoiar predominantemente no domínio empírico. Essa transmissão se materializa por meio de atividades situadas no mundo sensível, a exemplo de experimentos, jogos e práticas interativas. Evidencia-se, com isso, uma propensão a desconsiderar a profundidade abstrata que se faz necessária à formação plena dos conceitos. No contexto específico da química, essa dissociação revela-se particularmente problemática, uma vez que muitos conceitos estruturantes da disciplina carecem de um fundamento empírico direto¹². Em vez disso, esses conceitos se estabelecem em esquemas, modelos e representações abstratas que, embora busquem aproximar-se de uma realidade empírica, permanecem, em grande medida, inacessíveis à observação direta e imersos em uma abstração inevitável.

Essa distinção concernente à forma de apreensão dos conceitos, ou seja, à sua raiz ontológica no processo de obtenção e entendimento, enverga-se, porém, na medida em que todo o nosso conhecimento começa com a experiência, mas não surge apenas dela, como nos advertem Kant e Mattos (2015).

Desse modo, na filosofia kantiana, estabelece-se uma distinção entre conceitos empíricos e conceitos puros. Os primeiros são construídos a partir da experiência sensível,

¹² Ver (Lombardi & Labarca, 2005; Ribeiro, 2014; Sharlow, 2006)

sendo moldados pelos dados oferecidos pela percepção. Os segundos, por sua vez, constituem categorias a priori, que estruturam a própria possibilidade da experiência. Estes últimos, portanto, não derivam da realidade empírica, mas funcionam como abstrações fundamentais que viabilizam a organização e a sistematização do conhecimento.

O seguinte quer dizer ainda muito mais do que já foi dito: que certos conhecimentos abandonam até mesmo o campo de todas as experiências possíveis e, por meio de conceitos aos quais não pode ser dado nenhum objeto correspondente na experiência, aparentam estender o alcance de nossos juízos para além de todos os limites da mesma. (Kant & Mattos, 2015).

Dentro do domínio da química, certos conceitos considerados fundamentais, a exemplo da estrutura atômica, da molécula, da substância, da ligação química e da eletronegatividade, não dispõem de um conteúdo empírico direto, ainda que sejam indispensáveis à própria existência da disciplina. Trata-se de abstrações concebidas para representar e modelar aspectos da realidade química. Em sua essência, contudo, esses conceitos distanciam-se de uma observação imediata e concreta. Ao se ancorarem em uma referência à realidade, operam como construções teóricas que, não obstante sua imprescindibilidade para a compreensão dos fenômenos, não podem ser diretamente experimentados ou observados em sua totalidade.

E é justamente nestes últimos conhecimentos, que se lançam para fora do mundo dos sentidos, e aos quais a experiência não pode fornecer nem fio condutor nem correção, que residem as investigações de nossa razão que nós consideramos muito mais elevadas em termos de importância e muito mais sublimes no que diz respeito ao propósito último, do que tudo aquilo que o entendimento pode aprender no campo dos fenômenos. (Kant & Mattos, 2015).

Pesquisas posteriores nos domínios da epistemologia genética, da psicologia do desenvolvimento e da filosofia histórica da ciência vieram a reconhecer o caráter progressivo e construtivo que marca a apreensão cognitiva, conforme assinala Tassinari (2013). Essa constatação, no entanto, não invalida a relevância da distinção proposta por Kant entre conceitos empíricos e conceitos puros do entendimento. A distinção kantiana opera, antes, como um instrumento analítico útil para elucidar o estatuto abstrato e representacional de numerosos conceitos científicos.

Kant é mobilizado neste trabalho como um horizonte de natureza crítica. O propósito dessa mobilização é tensionar abordagens de cunho empirista presentes no ensino de química, demonstrando que a formação conceitual ultrapassa a imediaticidade da experiência sensorial.

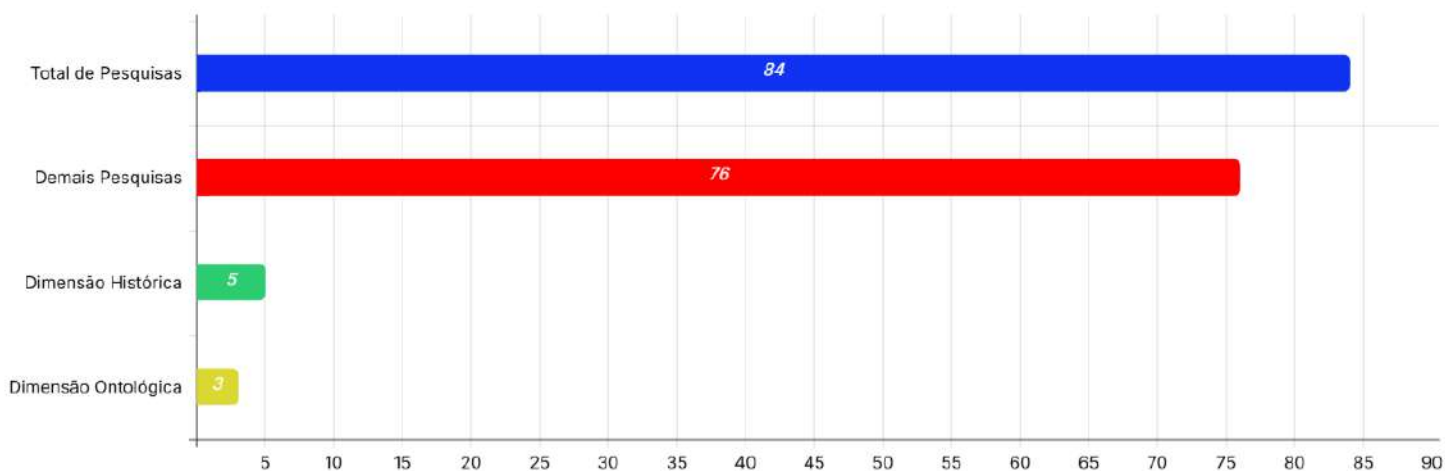
Observa-se que algumas das técnicas empregadas no ensino de conceitos químicos estabelecem apenas um diálogo tangencial com a dimensão epistemológica anteriormente delineada, ou seja, com uma investigação voltada aos fundamentos. Cabe destacar que, no âmbito do escrutínio ontológico, outros elementos também são objeto de investigação, como mereologia, reducionismo, temporalidade, causalidade, referenciação, identidade e atributos, para citar alguns exemplos. Em nossa análise, identificamos pontos de inflexão dessa problemática em apenas dois estudos. Nesses trabalhos, evidencia-se um esforço concreto para articular a problematização ontológica ao ensino da química. Essas pesquisas, ainda que integradas a abordagens metodológicas mais amplas, incorporam discussões acerca da mereologia e do reducionismo físico, promovendo uma problematização mais densa sobre a formação e a organização do conhecimento químico¹³.

Observa-se, ainda, a presença pontual de investigações que articulam elementos históricos e culturais no âmbito do ensino de conceitos químicos. Embora não se configurem, estritamente falando, como um movimento filosófico, essas pesquisas incorporam uma abordagem que amplia a compreensão dos conceitos químicos, transcendendo a mera instrumentalização didática. Ao situarem os conceitos em uma perspectiva histórica, essas investigações possibilitam uma reflexão mais aprofundada sobre sua construção e evolução, distanciando-se de metodologias centradas exclusivamente na transmissão de conteúdos. Evidencia-se a presença de cinco trabalhos que se estruturam a partir dessa discussão.

Com o propósito de explicitar a extensão e a incidência dessas temáticas históricas e filosóficas, preparamos uma representação gráfica que sintetiza sua distribuição no conjunto analisado.

¹³ Nesta seção inicial do capítulo, busca-se, primordialmente, delimitar uma análise metodológica dos trabalhos citados, sem adentrar, neste momento, em aprofundamentos conceituais. Com o intuito de preservar a coerência e a progressão argumentativa da exposição, as questões suscitadas serão examinadas de forma mais detalhada na seção subsequente. Caso o leitor deseje antecipar a exploração desses elementos, remetemos às seguintes referências: a abordagem mereológica em Santos (2024), a crítica ao reducionismo fiscalista em (Brakel, 2014)

Figura 3 - Contingências Históricas e Ontológicas no ECQ



Fonte: Autor.

Constata-se uma discrepância expressiva no que concerne à quantidade de trabalhos que se dedicam às problemáticas propostas nesta investigação. Apenas uma pequena fração dos estudos empreende discussões sobre elementos ontológicos no ensino de química. Embora não constitua o foco central desta pesquisa, também delimitamos a parcela referente às questões de natureza histórica no âmbito do ensino de química.

Emerge, dessa constatação, o reconhecimento de que as discussões de cunho filosófico no escopo da pesquisa em ensino de conceitos químicos permanecem em estado ainda embrionário. Ademais, ao analisarmos os temas anteriormente mencionados, os quais delineiam esses debates, verifica-se a incipiência de uma investigação sistemática voltada à dimensão ontológica fundamental que estrutura os conceitos químicos. Impõe-se, então, a seguinte questão: como pode a principal ferramenta de escrutínio filosófico dos conceitos encontrar-se em tamanho estado de invisibilidade no interior desse campo de pesquisa?

O que se aponta neste trabalho, conforme delineado de modo sistemático ao longo dos capítulos precedentes, é que o próprio processo de construção basal de um conceito na mente do sujeito constitui uma atividade intrinsecamente mediada e ontológica, conforme assinalam Kant e Mattos (2015) e Piaget e Cabral (2022). Nesse sentido, argumenta-se que a formação das primeiras estruturas dos conceitos químicos não pode ser tomada como um dado prévio ou neutro. Ao contrário, deve ser objeto de problematização teórica.

Assim, antes mesmo de se discutir a capacidade dos estudantes para operar reflexivamente sobre os conceitos ou para atingir determinados níveis de metacognição, torna-se necessário interrogar a natureza ontológica dos próprios conceitos mobilizados, bem como as condições sob as quais essas estruturas conceituais iniciais são constituídas.

1.4.2 Físico Química como a Subárea menos estudada

A aplicação consistente de procedimentos filosóficos, somada ao reconhecimento de suas múltiplas vantagens nos variados ramos da química, levou-nos também a mapear quais subdomínios dessa ciência têm sido mais frequentemente contemplados pelas pesquisas em ensino de conceitos químicos.

Nem todas as áreas da química recebem a mesma atenção dos estudiosos quando o assunto é a aprendizagem conceitual. Nossos dados mostram conexões bem distintas entre os conceitos investigados e suas respectivas origens disciplinares. Um exemplo claro aparece nos trabalhos que tomam a cinética química como objeto de análise, conceito que emerge do campo da físico-química. Em outra ponta, encontramos pesquisas dedicadas às noções de ácido e base, estas sim situadas no território da química orgânica.

Um olhar mais atento revela desigualdades marcantes. Certas áreas da química concentram um volume considerável de investigações sobre ensino de conceitos, ao passo que outras mal começaram a ser exploradas sob essa mesma perspectiva. Para dar conta dessa distribuição desigual, realizamos um levantamento minucioso da frequência com que cada conceito aparece nos trabalhos analisados, vinculando-os às suas grandes áreas de referência. Nosso objetivo foi concentrar esforços nessa discussão e identificar padrões recorrentes nas pesquisas atuais.

Buscando maior precisão na delimitação do que vem a ser cada "grande área" da química, recorreremos ao Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq¹⁴. De acordo com a classificação oficial ali contida, a química se divide em quatro ramos principais: orgânica, inorgânica, físico-química e analítica.

Surge, porém, uma complicação. Noções fundamentais para a própria existência da química, como estrutura atômica, orbital molecular e ligação química, não se encaixam confortavelmente em nenhuma dessas quatro categorias. O lugar epistemológico desses conceitos é outro: eles pertencem, sobretudo, à física, mais especificamente à física atômica e molecular¹⁵. Situação semelhante ocorre com diversos procedimentos instrumentais e aplicações técnico-analíticas da química, métodos como a gravimetria e a espectrometria de

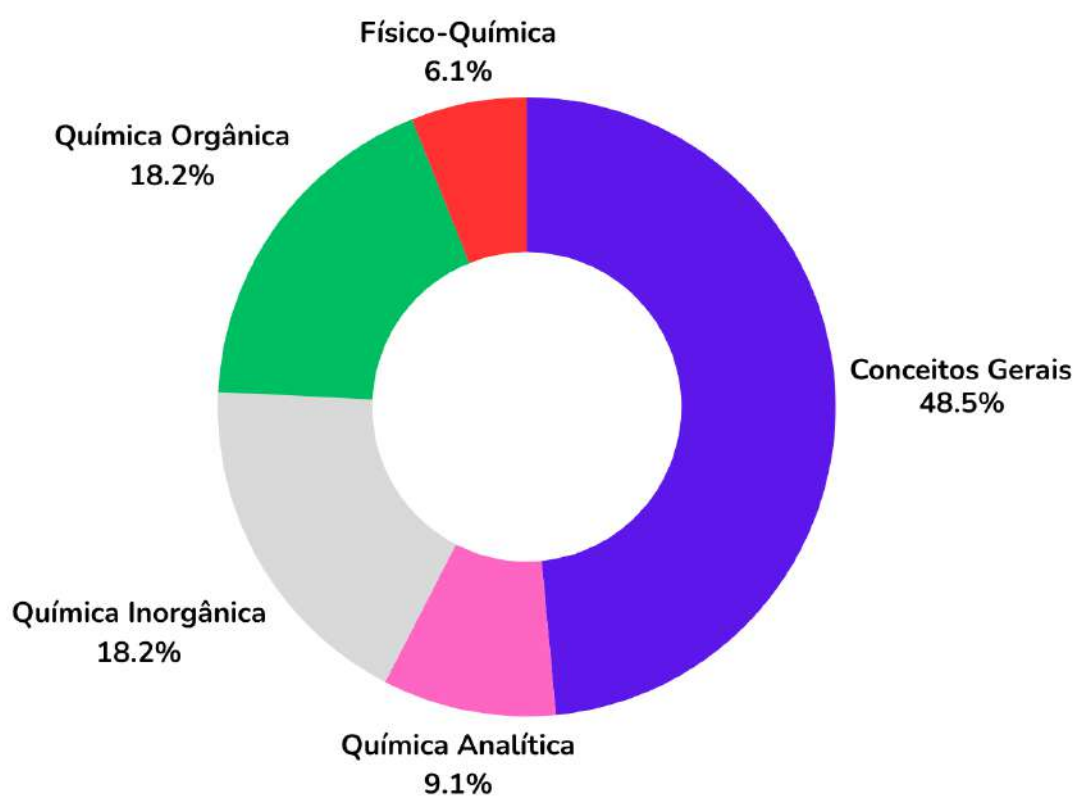
¹⁴ No transcurso de sua conformação histórica, a química viu-se compelida à constituição de distintos campos de saber, ensejando a necessidade de uma plataforma formalizada que estabelecesse os fundamentos para a demarcação de suas grandes áreas.

¹⁵ Identificamos essa mesma demarcação na plataforma do CNPq, especificamente na seção referente a Métodos Experimentais e Instrumentação para Partículas Elementares e Física Nuclear.

massa. A gênese e o desenvolvimento dessas ferramentas também se encontram, em grande medida, no terreno da física.

O quadro até aqui delineado nos fornece pistas iniciais. Essas pistas apontam para um modo específico de organização do discurso produzido no âmbito da química. Esse modo de organização revela-se fortemente marcado por uma orientação fisicalista. Diferentes formas de reducionismo atravessam esse discurso, condicionando tanto a maneira como seus conceitos são formulados quanto os procedimentos metodológicos¹⁶ que nele se legitimam.

Figura 4 - Síntese das áreas da química pesquisadas no ECQ



Fonte: Autor

A Figura 4 exibe a distribuição qualitativa dos estudos organizados por área. Cabe observar que um mesmo trabalho pode abranger simultaneamente mais de um domínio da química. É preciso mencionar, ainda, a incorporação daquelas pesquisas voltadas a noções gerais da química. Essas noções, embora perpassem diferentes especialidades, funcionam como

¹⁶ Ao examinarmos a grade curricular dos cursos de Química em cinco universidades – UESB, UFAB, USP, UNICAMP e UFRJ –, constatamos uma divergência significativa: os conceitos de estrutura atômica, orbital molecular e ligação química não são tratados em disciplinas físicas e, conseqüentemente, estão inseridos em disciplinas denominadas Química Geral, Conceitos Fundamentais da Química e Química Fundamental.

alicerces transversais que sustentam e organizam o saber químico em sua integralidade. Nessa direção, entendemos conceitos como estrutura atômica, ligação química e reação como partes integrantes desse conjunto estruturante.

O Quadro 2, por sua vez, apresenta a frequência com que aparecem os conceitos químicos problematizados no âmbito do ensino de conceitos químicos. O conceito mais recorrente em cada área encontra-se assinalado em negrito.

Quadro 2 - Áreas e Conceitos no ECQ

Área da Química	Conceitos Abordados
Química Geral	Modelos atômicos, estrutura atômica, tabela periódica , ligações químicas, reações químicas, leis ponderais, estequiometria, número de mol, transformações químicas, propriedades da matéria, estados físicos.
Química Inorgânica	Oxirredução , minerais, metais, ácidos, bases, sais, óxidos, tipos de reação, tabela periódica, ligações iônicas e covalentes, propriedades dos compostos inorgânicos, solubilidade, reatividade, classificação.
Química Orgânica	Funções orgânicas , teorias ácido-base, compostos orgânicos, estrutura e representação, reações orgânicas, isomeria, classificação, propriedades físico-químicas, polaridade molecular, hibridização, mecanismos reacionais, grupos funcionais, estereoquímica, conceitos de ordem biológica e tecnológica dos compostos orgânicos.
Química Analítica	Soluções, misturas, estudo das concentrações, medições , separação de substâncias, identificação de componentes, análise qualitativa e quantitativa, preparo de soluções, titulação, indicadores ácido-base.

Físico-Química	Cinética química , equilíbrio químico, termoquímica, leis da termodinâmica, eletroquímica, propriedades coligativas, soluções, calorimetria, entalpia, entropia, energia livre de Gibbs, comportamento dos gases.
----------------	--

Chama nossa atenção o fato de que as noções gerais atravessadoras do discurso químico recebem, no âmbito das pesquisas em ensino de conceitos químicos, uma atenção considerável. Dentre esses conceitos, a tabela periódica ocupa lugar de destaque. A discrepância é evidente quando comparamos o volume de trabalhos dedicados a esse tema com aquele voltado a outros conceitos. Localizamos, em nossa amostra, oito estudos cujo foco principal recaía sobre a problematização da tabela periódica.

Listamos alguns exemplos representativos: 1) Avaliação de um jogo didático do tipo quebra-cabeças para ensinar tabela periódica no 1º ano do ensino médio (Araújo & Leão, 2021); 2) O uso do jogo no processo de ensino e aprendizagem da tabela periódica, avaliação de uma intervenção do estágio de regência em química (Lorenson et al., 2020); 3) O ensino de tabela periódica, um olhar para alguns periódicos da área (Lopes & Silva, 2022).

Verificamos que a abordagem predominante no ensino da tabela periódica privilegia estratégias práticas e lúdicas. Essas estratégias visam, sobretudo, transmitir a estrutura da tabela como um produto acabado e definitivo. Dessa forma, deixam de lado qualquer problematização crítica sobre o percurso histórico de sua construção ou sobre os equívocos conceituais que marcaram seu desenvolvimento ao longo do tempo. Essa perspectiva mostra-se contrária a uma abordagem epistemologicamente fundamentada, pois ignora o caráter dinâmico e provisório da ciência. Desconsidera, inclusive, que a própria configuração convencional da tabela periódica permanece, nos dias atuais, como uma questão ainda não inteiramente resolvida no campo da química.

Dentre todos os trabalhos examinados, apenas um se destaca por pensar o conceito de tabela periódica, e não simplesmente transmiti-lo. Trata-se da pesquisa intitulada “Para não ser um professor do século passado”, uma revisão sobre os 150 anos da Tabela Periódica e a Aprendizagem Móvel em Química (Grando & Cleophas, 2020).

Nossa investigação revelou, assim, uma lacuna significativa no tratamento da dimensão crítica desse conceito. Localizamos um único estudo que se propôs a discutir o caráter inacabado da tabela periódica e as controvérsias ainda vigentes em torno dela. Esse dado evidencia uma tendência pedagógica a naturalizar a estrutura da tabela periódica,

negligenciando uma compreensão de viés histórico filosófico e crítico sobre sua formação, bem como sobre os debates que persistem na contemporaneidade.

1.4.3 Conceitos com carga empírica como os mais estudados

A opção por empregar a expressão "conceitos com maior carga empírica" não é fortuita. Ela se ancora em um debate ontológico de longa data, aquele que interroga a natureza dos entes e as condições que tornam o conhecimento possível, conforme discutem Di Giacomo (2021) e Grossman (2019). Certos conceitos demandam uma arquitetura teórica capaz de explicar suas causas, seus princípios e seus modos de existência. Essa exigência conduz a uma dimensão que ultrapassa o imediatamente empírico, como assinalam Neto (2018) e Vieira (1995). Em Kant e Mattos (2015), essa distinção ganha contornos decisivos por meio da separação entre conceitos empíricos e conceitos puros. Desse modo, falar em conceitos com maior carga empírica não significa reduzi-los ao plano sensível. Significa, antes, reconhecer que sua constituição mantém um vínculo mais próximo com a experiência do que com a abstração conceitual pura.

O objetivo desta seção é outro. Pretendemos problematizar aquilo que os trabalhos analisados efetivamente tornam explícito. Nosso foco recai sobre os conceitos e as abordagens que aparecem com maior frequência nos estudos de natureza bibliográfica. Trata-se, portanto, de uma análise voltada aos modos como os pesquisadores mobilizam e justificam determinados conceitos e estratégias pedagógicas no interior de seus textos. Não se trata, convém sublinhar, de uma investigação sobre os processos de construção conceitual que ocorrem na mente de estudantes do ensino médio.

A figura seguinte apresenta uma nuvem de palavras. Ela sintetiza a ocorrência dos conceitos químicos problematizados no campo do ensino de conceitos químicos. Os conceitos mais discutidos nos trabalhos que compuseram nossa amostra ganham destaque visual nessa nuvem, aparecendo com maior tamanho ou intensidade. Essa visualização resulta da sistematização dos conceitos extraídos dos estudos examinados.

científica. Ignora, ainda, que a própria configuração convencional da tabela periódica, aquela que se ensina nas escolas, permanece nos dias de hoje como um problema em aberto no campo da química.

Dentro do conjunto de trabalhos localizados, apenas um foge a essa regra. Trata-se da pesquisa "Para não ser um professor do século passado, uma revisão sobre os 150 anos da Tabela Periódica e a Aprendizagem Móvel em Química", de autoria de Grandó e Cleophas (2020). Nesse estudo, diferentemente dos demais, o conceito de tabela periódica é efetivamente pensado, submetido à reflexão, e não meramente transmitido como um dado adquirido.

Nossa investigação revelou, assim, uma lacuna relevante. Apenas um trabalho se dispôs a discutir o caráter inacabado da tabela periódica e as controvérsias que ainda hoje a cercam. Esse diagnóstico aponta para uma tendência pedagógica preocupante, a saber, a naturalização da estrutura da tabela periódica. Essa naturalização impede uma compreensão de viés histórico filosófico e crítico, tanto sobre a formação desse conceito quanto sobre os debates que persistem na contemporaneidade.

1.4.4 Divergências epistemológicas e ontológicas no ensino dos conceitos

Quando se examinam os demais conceitos gerais da química, percebe-se que o ensino de conceitos químicos assume uma fisionomia acentuadamente pragmática e instrumental. As estratégias pedagógicas que predominam são variadas, mas obedecem a uma mesma lógica facilitadora. Jogos didáticos, analogias, metodologias ativas, experimentação e recursos lúdicos comparecem com frequência, todos voltados a um objetivo comum, a assimilação conceitual por parte dos estudantes.

Essa paisagem, no entanto, revela uma limitação expressiva. O tratamento epistemológico crítico e ontológico dos conceitos químicos permanece em segundo plano. Poucos são os trabalhos que enfrentam questões teóricas de maior complexidade, como a mereologia, o reducionismo fisicalista e os perfis conceituais. A assimetria observada sugere uma opção de fundo, a valorização das práticas de ensino inovadoras e contextualizadas em detrimento de uma análise filosófica mais rigorosa sobre a constituição e a fundamentação dos conceitos químicos.

Em nossa investigação, localizamos apenas três estudos que se dedicam a problematizar ontologicamente a estrutura dos conceitos químicos, a saber, *Educação do Campo e mereologia química: aproximações possíveis no estudo de átomo e molécula* (Reis & Kavalek, 2023), A

teoria dos perfis conceituais em Química: mapeamento em pesquisas no contexto da química (Alves et al., 2024) e *Uma crítica ao reducionismo filosófico da Química à Mecânica Quântica como elemento fundamental para a formação de professor* (Oliveira & Gomes, 2021). No essencial, essas três investigações convergem para uma mesma direção. Todas dirigem uma crítica às abordagens ontológicas que operam por simplificação e reducionismo no tratamento dos conceitos químicos. Questionam-se três pressupostos recorrentes: primeiro, a ideia de que as entidades químicas seriam mera soma de suas partes constituintes; segundo, a concepção de uma realidade conceitual unívoca e imutável na estrutura cognitiva do aprendiz; terceiro, a tese da completa redutibilidade da química aos fundamentos da física quântica. Em contrapartida, postula-se a necessidade de uma apreensão que abarque a complexidade, a contextualidade e a potencial autonomia inerentes à natureza e à existência dos conceitos e entidades no domínio químico.

Por outro lado, notamos também que a química orgânica e a química inorgânica aparecem com frequência expressiva nas pesquisas sobre ensino de conceitos químicos, ao passo que a química analítica e a físico-química mostram penetração bem menor. Esse fenômeno reflete uma ênfase nas áreas mais imediatamente conectadas ao cotidiano. Esses domínios, por sua própria natureza, apresentam-se como mais acessíveis e de caráter intuitivo. Isso facilita, de um lado, a compreensão inicial e a aplicação dos conceitos pelos alunos. De outro lado, áreas mais complexas, como a química analítica e a físico-química, envolvem aspectos mais abstratos, medições precisas, interações moleculares em níveis mais elevados. Essas áreas exigem grau de compreensão mais aprofundado e, conseqüentemente, são menos exploradas nas investigações voltadas ao ensino. Esse padrão sugere uma tendência a priorizar os domínios mais introdutórios e pragmáticos, em detrimento daqueles de natureza mais técnica e teórica, no que se refere ao desenvolvimento de métodos pedagógicos e estratégias de ensino.

Nas investigações que problematizam o ensino dos conceitos de química orgânica, observou-se um interesse mais acentuado na classificação e assimilação desses conceitos. Um exemplo claro é o foco das pesquisas na identificação das funções orgânicas, assim como no entendimento dos ácidos e bases. Podemos citar como representativos dessa produção **Uma Proposta de Ensino de Química com a Temática Covid-19 e Medicamentos** (Roscoff et al., 2022), *Uso de mapas conceituais para investigação de conhecimentos prévios no ensino de química orgânica* (Silva & Bizerra, 2021) e *Esquemas de assimilação revelados por estudantes do terceiro ano do Ensino Médio sobre os conceitos de ácidos e bases* (Oliveira & Mueller, 2023). Notamos como o ensino de conceitos químicos para a química orgânica estrutura-se a partir de correlação, similaridade, semelhança e classificação. Essa abordagem se fundamenta

em uma dimensão ontológica particular, aquela em que a identidade e a natureza das entidades químicas, como moléculas orgânicas e grupos funcionais, não são definidas apenas por suas propriedades intrínsecas isoladas, mas fundamentalmente por suas relações com outras entidades. Em outras palavras, seus significados derivam de forma dependente do sentido e da função de outros entes. Percebemos, assim, que os trabalhos se estruturam a partir de assimilações e relações, focalizados no caráter classificatório da química orgânica.

Em contraste, os desafios no estudo da química inorgânica estão mais ligados à compreensão da natureza dos processos químicos. Isso inclui questionar a própria ideia de reação química e os mecanismos de oxirredução. Por essa razão, o ensino de conceitos inorgânicos frequentemente se baseia em práticas experimentais que buscam demonstrar essas transformações. Podemos destacar, nesse contexto, *Experimentação no Ensino de Química: Uma Sequência Didática Sobre a Formação da Ferrugem* (Silva, 2021), *Experimentação Investigativa no Tópico Chuva Ácida: Estratégia de Ensino na Formação Inicial Docente Consoante o Contexto da Aprendizagem Significativa* (Silveira et al., 2022) e *Experimentos Históricos nos Livros Didáticos: Implicações para o Ensino de Química* (Sousa et al., 2023). Percebemos que os trabalhos que problematizam o ensino de química inorgânica estão focalizados em reações, vinculados a uma perspectiva dinâmica e contextual da química. Essas pesquisas fundamentam-se, portanto, em uma ontologia de processos. Fundamenta-se em:

A filosofia do processo na química sublinha que as reações químicas são essencialmente dinâmicas e interativas, questionando a perspectiva tradicional que considera as substâncias como entidades fixas e imutáveis. Essa abordagem sugere que a educação em química deve enfatizar a análise de processos em detrimento da mera observação de propriedades estáticas, levando os alunos a investigar como variações nas condições experimentais influenciam as reações químicas (Santos, 2024).

Do ponto de vista ontológico, a discussão em pauta aponta para uma transformação de ordem fundamental. A realidade química, segundo essa perspectiva, não se fixa em substâncias imutáveis nem se encerra em entidades estáveis. Ela reside, antes, nos processos dinâmicos e nas interações características das reações. Dessa forma, a transformação e o fluxo contínuo ascendem à condição de elementos centrais. O ensino de química, por conseguinte, deve ser compreendido primordialmente como devir e interação, e não como mera apresentação de entidades estáticas.

Verifica-se, assim, que as pesquisas sobre ensino de conceitos nas diferentes áreas da química configuram-se de maneiras heterogêneas. Cada domínio mobiliza formas de

transmissão situadas em planos ontológicos distintos. Essa divergência não é fortuita. Ela decorre, igualmente, da própria natureza do conteúdo abordado.

1.4.5 Psicologia e Pedagogia como principais vinculações teóricas

O ensino dos conceitos químicos, conforme se depreende da análise, tende a privilegiar uma dimensão essencialmente prática. Essa ênfase ocorre frequentemente em detrimento de uma reflexão mais detida sobre os fundamentos epistêmicos, ontológicos e metodológicos que dão sustentação a esses conceitos. Nesse cenário, emergem determinadas correntes teóricas que se alinham mais diretamente a esse perfil de abordagem.

Percebe-se, de um lado, a apropriação recorrente das contribuições de autores como John Dewey, Paulo Freire, Lev Vygotsky e Dermeval Saviani. Os aportes desses pensadores articulam-se a uma pedagogia de orientação problematizadora, centrada na experiência concreta, no trabalho enquanto princípio educativo e na historicidade dos sujeitos. Podemos citar como exemplos dessa filiação *Paulo Freire e Educação Estético-Ambiental: o ensino de Química a partir do trabalho no tambo de leite* (Maraschin & Lindemann, 2024), *Trabalho como fundamento ontológico de uma concepção de mundo materialista, histórica e dialética para a educação em química* (Bernardo et al., 2023) e *Ensino da Química na Pedagogia Histórico-crítica: Considerações sobre conteúdo e forma para pensarmos o trabalho pedagógico concreto* (Neto, 2024). Essa filiação teórica indica uma tendência à valorização das práticas educativas situadas e dialógicas, capazes de integrar a dimensão conceitual da química às realidades vividas pelos aprendizes. Do ponto de vista ontológico, a discussão aponta para o trabalho, entendido como ação humana concreta, histórica e social, como fundamento do ser e da compreensão da realidade material. A existência e o conhecimento químico são vistos não como abstrações, mas como emergentes da práxis humana situada, numa perspectiva materialista e dialética.

Evidencia-se igualmente, de outro lado, a presença significativa de estudos que se fundamentam nos referenciais epistemológicos e psicogenéticos de Jean Piaget e na teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel. Embora não apresentem a mesma recorrência dos autores anteriormente mencionados, registram-se também contribuições relevantes de Vigotski, Bruner, Wallon e Novak. Como exemplos dessa vertente, podemos mencionar *A construção de histórias em quadrinhos utilizando a ferramenta Pixton: Uma alternativa para avaliação/ensino de Química a partir do referencial piagetiano* (Rezende et

al., 2020), *Organizadores prévios para o ensino de estequiometria: Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa* (Haupt et al., 2021) e *O uso de mapas conceituais como instrumento de ensino e avaliação da aprendizagem significativa dos conceitos relacionados à Química do petróleo* (Dias & Terra, 2021). Estes trabalhos orientam-se para a análise dos processos de construção do conhecimento envolvidos na aprendizagem de conceitos químicos, os quais são compreendidos de maneira relacional e inseparáveis das dimensões sociais, culturais e históricas da ação do sujeito. Nessa vertente, a ênfase recai sobre as estruturas e operações cognitivas que possibilitam a assimilação e a subsequente reorganização conceitual, sem que tal enfoque implique a negação do papel da interação social, da linguagem ou do contexto. Desse modo, não se configura uma oposição simplista entre processos internos e externos da cognição, mas antes abordagens que, partindo de distintas matrizes teóricas, buscam compreender a complexidade inerente ao desenvolvimento conceitual. Assim, mais do que uma dicotomia estanque, observa-se uma produtiva tensão teórico-metodológica entre perspectivas que privilegiam diferentes níveis de análise.

É importante destacar que o que se problematiza nesta seção não é uma leitura redutora ou simplificada das teorias psicológicas ou pedagógicas mobilizadas nas pesquisas analisadas, tampouco a negação de sua complexidade interna. Reconhece-se, em especial, que a teoria piagetiana não pode ser compreendida como um modelo centrado exclusivamente em processos internos da cognição, uma vez que sua epistemologia genética se estrutura a partir de uma dialética entre ação, interação e coordenações intra e interindividuais, nas quais os planos biológico, lógico e social se mostram relevantes. Nesse sentido, não se trata de reduzir Piaget, Ausubel ou outros autores da psicologia e da pedagogia a categorias simplificadas, nem de desconsiderar suas contribuições para a filosofia da ciência e para a compreensão da gênese do conhecimento. Ao contrário, reconhece-se que a obra de Piaget, por exemplo, ocupa um lugar relevante no debate epistemológico contemporâneo, justamente por tensionar as fronteiras entre psicologia, lógica, biologia e filosofia da ciência.

Todavia, o diagnóstico apresentado no texto dirige-se a outro plano analítico, a saber, o da agenda teórica efetivamente mobilizada nas pesquisas em educação química. O que se observa, a partir da análise do corpus, é que as investigações se concentram majoritariamente em referenciais oriundos da psicologia e da pedagogia, enquanto autores e problematizações provenientes do campo da filosofia, especialmente no que concerne à ontologia dos conceitos científicos, não são tematizados de modo direto ou sistemático. Assim, a crítica não se volta aos limites intrínsecos dessas teorias, nem à necessidade de superá-las ou abandoná-las. Ela se dirige, antes, à constatação de que a articulação explícita entre filosofia e ensino de conceitos

químicos não constitui, no conjunto das pesquisas analisadas, um eixo de problematização centralizado.

1.4.6 A frágil integração de aportes filosóficos na educação química

Diante do quadro analítico até aqui delineado, impõe-se uma constatação que não pode ser negligenciada. Ao se examinar o modo como os conceitos químicos vêm sendo problematizados no âmbito das pesquisas em educação química, evidencia-se uma ausência que merece destaque. Faltam diálogos efetivos com pensadores filósofos que, direta ou indiretamente, dedicaram suas obras à investigação dos alicerces conceituais. Mais grave ainda, essa lacuna se aprofunda quando dirigimos o olhar para os filósofos da química propriamente ditos. Suas contribuições permanecem à margem, quando não inteiramente ignoradas, no universo das pesquisas em educação química.

É preciso deixar claro, no entanto, o que esta seção não pretende. Não buscamos aqui estabelecer uma articulação redutora ou prescritiva entre diferentes correntes epistemológicas. Tampouco defendemos a redução do ensino de química a uma única dimensão teórica, a filosófica. Nosso propósito é estritamente diagnóstico. O que os dados mostram, de forma consistente, é que autores do campo filosófico, e com muito mais evidência os da filosofia da química, não são incorporados de maneira sistemática ou central nos debates sobre o ensino de conceitos químicos. Simplesmente não estão lá.

O resultado dessa ausência é uma incorporação muito limitada de pensadores cuja relevância dificilmente se poderia contestar. Aristóteles, Platão, René Descartes, Gottlob Frege, Immanuel Kant, Ludwig Wittgenstein, Martin Heidegger. Cada um deles, a seu modo, oferece ferramentas indispensáveis para interrogar a linguagem, a epistemologia e a ontologia do conhecimento científico. Ao permanecerem invisíveis, fragiliza-se o campo da educação química. Perde-se a oportunidade de construir uma crítica mais robusta e sistemática sobre os fundamentos que sustentam a construção, a transmissão e a legitimação dos conceitos químicos.

Essa invisibilidade teórica produz efeitos concretos. A não incorporação dos debates provenientes da filosofia da linguagem, como os formulados por Frege e Wittgenstein, somada à ausência das reflexões epistemológicas de cunho transcendental, presentes em Kant e Heidegger, bem como das ontologias clássicas de Aristóteles e Platão, aponta para uma tendência preocupante, a reificação do conhecimento químico. O conceito passa a ser tratado como coisa, como dado, e não como construção.

No mesmo movimento, percebe-se a escassa circulação de referenciais oriundos da filosofia da química. Um caso emblemático é o de Gaston Bachelard. Sua obra é considerada basilar para a compreensão epistemológica da ciência química. No entanto, aparece de forma marginal nas discussões, mesmo sendo um autor frequentemente citado em outras áreas da epistemologia das ciências. Quando se trata de autores contemporâneos do campo, como Joachim Schummer, Eric Scerri e Jaap van Brakel, a situação se agrava. Sua ausência é praticamente total. Não se verifica incorporação alguma desses pensadores nas pesquisas voltadas ao ensino de conceitos químicos.

Vale lembrar que a investigação ontológica na química não é uma novidade. Conforme apontam Lombardi e Labarca (2005), trata-se hoje de um campo consolidado. A filosofia da química institucionalizou-se nos anos 1990, com a criação das revistas especializadas *Hyle* e *Foundations of Chemistry* (Ribeiro, 2014). Pois bem, esse arcabouço teórico consolidado permanece invisível no âmbito das investigações que se propõem a problematizar os fundamentos do ensino de conceitos químicos. A ausência de uma problematização ontológica no ensino de conceitos químicos tem uma consequência direta: questões basilares sobre a natureza das entidades químicas raramente recebem o escrutínio que merecem.

Capítulo 2: A Ontologia como ferramenta de escrutínio filosófico

A ontologia, enquanto domínio nuclear da filosofia, emerge da necessidade de interrogar a natureza última do ser e de investigar as estruturas, princípios e categorias que sustentam a existência. Seu escopo não se limita a um exercício puramente conceitual, mas configura-se como empreendimento sistemático voltado à determinação das bases sobre as quais todo o pensamento, seja de ordem científica, ética ou estética, encontra possibilidade de sustentação. Este capítulo propõe-se a apresentar a definição, a origem e o desenvolvimento inicial da ontologia, bem como a delinear as problemáticas filosóficas centrais que a constituem, com vistas a situar o leitor diante de sua função e relevância.

Ao longo da história, a filosofia produziu diferentes formulações para definir o ser e suas propriedades essenciais. Bloch (1985) ao retomar a célebre metáfora do combate de gigantes, sintetiza a tensão entre duas posições fundamentais. De um lado, a tradição que reconhece como reais apenas os corpos, isto é, aquilo que oferece resistência e permite contato sensível. De outro, a corrente que confere realidade apenas às entidades inteligíveis e incorpóreas. Ao propor uma definição que buscasse conciliar ambas as perspectivas, Bloch assinala que, para os primeiros, realidades como a alma, a justiça e a sabedoria seriam reduzidas a configurações materiais, ao passo que, para os segundos, tais realidades possuiriam existência autônoma e independente da matéria.

No horizonte materialista, é possível identificar os primeiros esforços ontológicos nas reflexões de Tales, Leucipo e Demócrito¹⁷. Estes últimos formularam a concepção segundo a qual a realidade sensível é constituída por partículas indivisíveis - os átomos - cujas combinações dão origem a todos os entes. Nesse contexto, a investigação ontológica se orienta para a análise da composição última dos objetos, reduzindo seus predicados à articulação de partes elementares. Ainda no interior desta vertente, Anaximandro e Anaxímenes buscaram identificar um princípio originário capaz de explicar a gênese de todas as coisas (Sassi et al., 2024). Anaxímenes localizou tal princípio no ar, elemento que, em sua visão, fundamentaria a existência do universo, da alma e da própria razão. Anaximandro, por sua vez, afastou-se de explicações monistas estritas e concebeu a origem do real como resultado da interação entre múltiplos elementos coexistentes, considerando essa multiplicidade como traço constitutivo do ato de ser.

¹⁷ Ver (Neto, 2018; Vieira, 1995)

No campo idealista, Platão inaugura uma formulação ontológica que se tornaria matriz da metafísica ocidental. Conforme observa Grossman (2019), o filósofo distingue dois domínios: o das coisas temporais, pertencentes ao mundo sensível, e o das coisas atemporais, que correspondem às propriedades essenciais das primeiras. Na alegoria da caverna, essa estrutura ontológica manifesta-se de modo unitário, pois todas as coisas e suas propriedades derivam de uma única realidade fundamental: o mundo das Ideias.

Desde suas primeiras elaborações, a ontologia apresenta-se, portanto, como investigação acerca do fundamento último do ser, seja ele concebido como estrutura material composta de elementos indivisíveis, seja como essência imaterial situada além da experiência sensível. Trata-se de um campo simultaneamente conceitual e estruturante, responsável por estabelecer critérios para compreender o significado de existir, delimitar as formas e modos do ser e oferecer um quadro de referência para a organização das demais áreas do conhecimento.

Nos tópicos seguintes, serão examinados de modo sistemático os diferentes sentidos atribuídos à ontologia e as problemáticas filosóficas que historicamente a acompanharam, com o intuito de consolidar uma base conceitual sólida para as análises subsequentes.

2.1 O que é um conceito?

Antes de adentrar propriamente a discussão ontológica, faz-se necessário uma breve explanação sobre o estatuto filosófico dos conceitos. Ao longo da história da filosofia, diferentes correntes teóricas empenharam-se em responder à questão fundamental acerca do que são os conceitos (Hardy-Vallée, 2021), reconhecendo-os como elementos centrais da atividade cognitiva, da linguagem e do conhecimento científico.

Segundo Margolis e Laurence (2007), de modo esquemático, é possível identificar ao menos três grandes compreensões acerca da natureza dos conceitos. A primeira os entende como representações mentais, vinculadas à Teoria Representacional da Mente e à hipótese de uma linguagem do pensamento, segundo a qual pensar consiste na manipulação de representações internas dotadas de conteúdo semântico e papel funcional (Fodor, 1975, *apud* Margolis & Laurence, 2007; Jakubiec, 2022).

Em Margolis e Laurence (2007, 2023), encontra-se outra corrente, de matriz fregeana, que sustenta que os conceitos (ou proposições) são objetos abstratos, existentes independentemente da mente, responsáveis por fundamentar o significado, a verdade e a compreensão linguística.

Por fim, a terceira abordagem concebe os conceitos como habilidades ou capacidades cognitivas, isto é, como disposições práticas para discriminar, classificar e inferir, recusando a ideia de que conceitos sejam entidades mentais particulares ou objetos abstratos (Margolis & Laurence, 2023).

Importa ressaltar que essa controvérsia permanece em aberto no âmbito da filosofia da ciência, da filosofia da mente e da psicologia cognitiva, não havendo consenso quanto ao estatuto ontológico último dos conceitos. A presente pesquisa não tem por objetivo resolver tal debate. Seu propósito consiste, antes, em explicitar que o entendimento dos conceitos é atravessado por diferentes compromissos ontológicos, os quais orientam, de modo implícito ou explícito, as investigações teóricas e empíricas no campo científico. É a partir desse reconhecimento da pluralidade ontológica dos conceitos que se justifica e se delimita a investigação ontológica aqui proposta.

2.2 Metafísica Geral e Ontologia

A metafísica, nesse contexto, constitui-se como o ramo da filosofia que investiga os princípios e fundamentos últimos da realidade, ultrapassando o domínio do sensível e do mensurável. Seu campo abrange questões relativas à natureza do ser, à estrutura e às causas do que existe, articulando-se com reflexões sobre entidades ou dimensões que transcendem a experiência imediata.

A relação entre ontologia e metafísica geral, nesse contexto, revela tanto convergências quanto especificidades. Historicamente, a ontologia foi concebida como parte da metafísica geral, dedicada à investigação do ser enquanto ser, independentemente de suas determinações particulares. Ambas compartilham o objetivo de compreender a estrutura fundamental da realidade e os princípios que regem a existência, mas divergem quanto à ênfase e à abrangência. Enquanto a metafísica geral apresenta-se como um campo mais amplo, que pode incluir reflexões sobre Deus, a liberdade, a alma e outras dimensões transcendentais, a ontologia concentra-se de forma mais restrita no estudo das categorias e modos de ser, buscando explicitar o que significa existir e quais são as formas fundamentais assumidas pelo ser.

A tradição platônica compreende a ontologia como a área da filosofia voltada ao estudo da natureza da existência, da realidade e dos entes em si mesmos (Di Giacomo, 2021; Grossman, 2019). Tal abordagem busca compreender a estrutura fundamental do mundo e das

coisas nele existentes, examinando questões como a identidade, a relação entre o todo e as partes, a causalidade, a temporalidade e a possibilidade. Nesse sentido, a ontologia e a metafísica geral convergem na tentativa de fornecer um quadro conceitual para o entendimento da realidade, ainda que partam de premissas distintas quanto ao alcance e ao método.

Na perspectiva de Heidegger & Cavalcante (2015), a ontologia mantém-se como investigação central do ser e da existência, fornecendo recursos teóricos para compreender a constituição e o modo de ser das coisas. Ao reconhecer que os entes fazem parte de uma totalidade de realidade, torna-se possível analisá-los sob diferentes perspectivas ontológicas. Essa análise permite elucidar questões fundamentais como o que caracteriza algo como sendo o que é, quais são as propriedades que lhe conferem identidade, e como os entes se articulam entre si e com o conjunto do real.

Desse modo, a ontologia, em seu percurso histórico, consolidou-se como campo que não apenas descreve, mas problematiza a essência e as relações que estruturam o ser, permanecendo em diálogo constante com a metafísica geral. Ambas se entrelaçam na busca por fundamentos últimos da realidade, mas a ontologia preserva seu foco específico no ser enquanto ser, fornecendo uma base conceitual que sustenta e, ao mesmo tempo, delimita a amplitude das investigações metafísicas.

2.3 Função da Ontologia

A ontologia adquire maior relevo com os estudos metafísicos de Aristóteles, que propõe um arranjo harmônico destinado a explicar as características dos entes em uma dimensão que ultrapassa o mundo sensível (Neto, 2018; Vieira, 1995). Em sua reflexão, o filósofo enfatiza a necessidade de conhecer as causas primeiras, sustentando que o verdadeiro conhecimento se dá quando se alcança tal nível explicativo. Para Aristóteles, as causas podem ser compreendidas em quatro sentidos distintos: a substância e a essência; a matéria e o substrato; o princípio de movimento; e, por fim, o fim e o bem, entendido como propósito último de todo processo de geração e mudança.

Trata-se aqui, de utilizar a ontologia como instrumento de investigação filosófica (Santos, 2024), isto é, isto é, um recurso destinado a interrogar simultaneamente a constituição dos entes e os modos de inteligibilidade que viabilizam sua apreensão (Heidegger & Cavalcante, 2015), elucidando as condições de possibilidade do conhecimento e os limites que circunscrevem sua capacidade explicativa (Kant & Mattos, 2015).

Desse modo, a ontologia, em seu percurso histórico, consolidou-se como campo que não apenas descreve, mas problematiza a essência e as relações que estruturam o ser (Hartmann & Peterson, 2019), oferecendo fundamentos para a reflexão filosófica e para o diálogo com outras áreas do conhecimento (Romero, 2017).

2.4 Ontologia e Explicação

A ontologia e a explicação mantêm uma relação constitutiva, pois a primeira investiga a natureza da existência e da realidade, enquanto a segunda representa o esforço humano de tornar inteligível tal realidade, organizando-a em termos conceituais. Na perspectiva de Heidegger, compreender o ser implica um movimento de esclarecimento que transcende a mera descrição dos entes, exigindo a explicitação das estruturas fundamentais que possibilitam a compreensão do mundo. Nesse sentido, a ontologia delimita o campo do que pode ser explicado, ao passo que a explicação articula, por meio do discurso racional, os elementos que configuram esse campo.

Enquanto prática cognitiva, a explicação molda-se às categorias ontológicas disponíveis, de modo que os conceitos utilizados para esclarecer um fenômeno condicionam a própria concepção que dele se tem. A ontologia, por sua vez, não se reduz a uma classificação estática dos modos de ser, mas constitui um horizonte que orienta e condiciona as formas legítimas de esclarecimento. Assim, explicar não é apenas transmitir informações, mas atualizar discursivamente uma compreensão específica do ser.

Sob a perspectiva semântica e epistemológica, a ontologia determina o que se reconhece como explicação adequada. Nesse quadro, a ontologia funciona como fundamento normativo para o esclarecimento, definindo tanto os objetos possíveis de explicação quanto os critérios que permitem avaliar sua validade.

A explicação, contudo, não permanece neutra diante desse quadro conceitual. Ao esclarecer um fenômeno, pode-se introduzir novos conceitos, reformular categorias e tensionar ou expandir a estrutura ontológica prévia. Heis (2014); Kant & Mattos (2015) argumentam que a compreensão da realidade está condicionada por categorias a priori da razão, o que significa que todo esclarecimento é também construção: o mundo é revelado e simultaneamente

estruturado segundo formas determinadas do pensamento. A inteligibilidade da realidade, assim, depende de sua articulação por essas estruturas.

Heidegger & Cavalcante (2015) aprofunda essa concepção ao sustentar que o ato de esclarecer o ser não é operação exterior ou posterior à existência, mas elemento constitutivo dela. O esclarecimento configura-se como um modo de ser do Dasein, que se projeta no mundo e busca compreender seu lugar nele. Explicar, portanto, não se reduz a transformar o desconhecido em conhecido, mas consiste em abrir um espaço no qual o ser possa manifestar-se em sua complexidade.

Na abordagem de Wittgenstein & Santos (1993), ainda que centrada na linguagem, emerge a ideia de que o sentido das descrições depende dos contextos de uso. Explicar não equivale unicamente a apresentar causas ou definições, mas a inserir um fenômeno em um conjunto de relações que lhe confere significado. Nesse horizonte, a explicação assume caráter prático e situado, orientando a compreensão segundo um contexto previamente estruturado ontologicamente.

Desde Aristóteles¹⁸, a busca pela explicação adequada está associada à investigação da realidade em seus fundamentos mais essenciais. Em sua *Metafísica*, a explicação é inseparável da identificação das causas primeiras, sendo que conhecer, nesse sentido, significa compreender por que as coisas são como são. A explicação genuína não se limita à enunciação de fatos, mas revela a ordem que os torna possíveis.

Desse modo, ontologia e explicação operam em interdependência dinâmica: a ontologia estabelece o horizonte conceitual que torna a explicação possível, enquanto o ato de explicar transforma e enriquece tal horizonte. O esclarecimento, assim, configura-se como atividade enraizada no plano ontológico, simultaneamente dependente de uma compreensão prévia do ser e capaz de reformulá-la.

2.5 Campos de Investigação Estruturantes da Investigação Ontológica

2.5.1 Categorias Ontológicas Fundamentais

¹⁸ (Russell, 1914; Vieira, 1995)

O discurso ontológico desenvolve-se a partir de um conjunto central de questões voltadas à análise precisa das estruturas que sustentam a existência e das múltiplas manifestações do ser. Como campo teórico, a ontologia surge como um terreno de tensões conceituais, no qual se exploram as categorias fundamentais que configuram a organização da realidade. Essas categorias funcionam como alicerces para a formulação de conceitos que permeiam não apenas a filosofia, mas também diversas outras áreas do conhecimento.

A relevância de expor as categorias e os domínios temáticos aqui tratados reside no fato de que tais elementos já se encontram consolidados (Hartmann & Peterson, 2019; Hochheimer, 2010; Lowe, 2007) através de um longo processo de investigação filosófica. Esses fundamentos ontológicos, alicerçados principalmente na tradição metafísica aristotélica (Neto, 2018), permanecem essenciais como base epistemológica para o desenvolvimento do saber. Eles constituem, ainda, pontos de apoio indispensáveis para a sistematização e o aprofundamento das problemáticas ontológicas contemporâneas.

2.5.1.1 Substâncias, Acidentes e Propriedades

A ontologia dedica-se a examinar os fundamentos da realidade, e nesse âmbito, conceitos como substância, acidente e propriedade configuram-se como categorias essenciais (Antiseri & Reale, 2022; Aubenque, 2022) para a compreensão da estrutura do ser. A substância representa o núcleo autônomo do ente, a existência que se sustenta por si mesma e não requer outro suporte para sua identidade plena¹⁹.

Em contraste, os acidentes correspondem às características contingentes que, embora pertençam ao ente, dependem da substância para sua manifestação (Neto, 2018). São atributos que podem variar sem comprometer a essência do que o ente é.

As propriedades, por sua vez, abrangem tanto as qualidades essenciais quanto aquelas acidentais, funcionando como um conjunto amplo de atributos que descrevem e qualificam a substância.

No estudo ontológico, essas categorias se articulam hierarquicamente, com a substância assumindo o papel central enquanto base de existência. Os acidentes e as propriedades, então, são instrumentos conceituais que possibilitam a análise das modificações e dos aspectos

¹⁹ Nota-se em Vieira (1995) que trata-se de um do que é a existência em sua forma mais básica e primordial. Nessa investigação, Aristóteles conclui que a substância (*ousia*) é a forma mais fundamental de ser, o ponto de partida de toda a realidade.

descritivos da substância (Antiseri & Reale, 2022; Aubenque, 2022), permitindo a compreensão da persistência e da mudança.

Aristóteles desenvolveu amplamente essa concepção, reconhecendo a pluralidade dos sentidos do ser e ressaltando que a substância constitui o fundamento primário sobre o qual recaem todas as demais predicções. Para ele, a substância é o sujeito que sustenta os atributos e as modificações acidentais, garantindo a continuidade da identidade ao longo do tempo. Um exemplo elucidativo é o ser humano, cuja essência permanece intacta mesmo que aspectos como a cor dos cabelos mudem, evidenciando a distinção ontológica entre substância e acidente.

A função primordial dessa diferenciação reside em fornecer um quadro que esclareça a natureza da realidade (Neto, 2018; Vieira, 1995), distinguindo o que é permanente e essencial daquilo que é transitório e contingente. Tal distinção é imprescindível para que a ontologia responda a questões fundamentais, tais como a definição da identidade de um ente, a explicação das mudanças que ele pode sofrer sem deixar de ser, e a organização coerente da multiplicidade dos seres por meio da criação de categorias conceituais.

Assim, a ontologia não se limita à simples identificação das substâncias, mas investiga também a dinâmica entre elas e seus atributos acidentais e essenciais. Essa inter-relação constitui a complexidade estrutural da realidade, entendida como um sistema fundamentado na coexistência e na interação entre substâncias e propriedades. Em última instância, a ontologia visa revelar a arquitetura fundamental do real, a estrutura que organiza os entes em seus modos e categorias mais profundos (Moreland & Craig, 2017).

2.5.1.2 Evento e Causalidade

No âmbito ontológico, o conceito de evento transcende a simples ocorrência pontual para se configurar como uma entidade autônoma, cuja existência suscita a reflexão acerca de sua independência em relação a causas e consequências (Smith, 2003). Essa consideração leva à distinção fundamental entre eventos e objetos, sendo que a compreensão dessa diferença é vital para o delineamento das categorias que estruturam a realidade. Enquanto os objetos são considerados como entidades relativamente estáveis e persistentes, os eventos emergem como unidades dinâmicas que marcam a transformação constante do mundo (Smith, 2003; Whitehead, 1985).

A causalidade, por sua vez, insere-se nessa trama como a relação que vincula dois eventos, estabelecendo um elo em que um atua como causa e o outro como efeito (Armstrong, 1997). Tal relação não apenas articula a sequência temporal entre acontecimentos, mas também confere sentido à ordem e à regularidade observadas na realidade (Camolezi, 2017). Por exemplo, a queda de uma folha pode ser compreendida como efeito da força gravitacional, que age como causa determinante. Assim, a causalidade revela-se essencial para a compreensão ontológica da dinâmica do real, ao explicitar como os eventos se influenciam reciprocamente dentro do fluxo temporal.²⁰

Entretanto, a ontologia não se limita a reconhecer os eventos e suas conexões causais como dados evidentes. Ao contrário, ela problematiza a própria natureza da causalidade, questionando se esta representa uma lei universal e necessária ou se constitui um instrumento epistemológico construído para organizar a experiência humana (Davidson, 1967; Lowe, 2007). Sob a perspectiva humeana²¹, a causalidade não é percebida diretamente na realidade, mas inferida a partir da observação da regularidade na sucessão dos eventos, o que implica um caráter construtivo e interpretativo desse conceito.

Dessa forma, os eventos são concebidos não como simples pontos temporais isolados, mas como elementos constitutivos de um processo contínuo e dinâmico que estrutura a realidade. A causalidade, estabelece relações entre esses eventos, oferece um campo lógico que permite não apenas a descrição dos fenômenos, mas também a compreensão das razões que fundamentam sua ocorrência e manifestação. Essa articulação entre evento e causalidade revela-se, portanto, central para a ontologia enquanto disciplina que busca desvendar a organização fundamental do ser em seu movimento incessante.

2.5.1.2 Relação

As relações constituem elementos estruturantes na compreensão da realidade, funcionando como instrumentos conceituais que permitem apreender a forma como as entidades se articulam e se tornam inteligíveis (Strawson & Smith, 2019). Elas operam como

²⁰ Destacamos que o estudo de forças e sua relação com a causalidade ontológica foi alvo de estudo por Martins (2020) que contribuiu para elucidação deste exemplo.

²¹ Nota-se que a causalidade não se deriva da da experiência de uma conexão necessária entre dois eventos. Em vez disso, ele sugere que percebemos apenas a conjunção constante de eventos; Ver (Hume, 2023; Hume & Danowski, 2009).

vínculos fundamentais que sustentam a organização do mundo, expressando nexos que conferem coerência às interações e transformações que se dão no âmbito do ser. Não se apresentam como entidades substanciais, mas como estruturas que delineiam o modo pelo qual os fenômenos se conectam e se configuram (Russell, 1914).

Entre os diversos modos de relação, destacam-se aquelas de caráter formal, que exprimem padrões de dependência e influência recíproca. A causalidade, enquanto exemplo paradigmático, busca explicitar não apenas a sucessão de eventos, mas o próprio arranjo estrutural que sustenta tal sucessão. A reflexão filosófica, contudo, submete esse conceito a exame crítico, evitando que seja tomado como fundamento autoevidente e favorecendo sua análise enquanto construção teórica passível de revisão.

Outro conjunto relevante de relações é o das categoriais, responsáveis por ordenar as entidades segundo tipos ontológicos primários. O vínculo entre objeto e processo, por exemplo, evidencia que os entes não se apresentam apenas como unidades dotadas de propriedades, mas como participantes de acontecimentos e fluxos que expressam sua dinâmica própria (Rescher, 1996). Tal abordagem converge com perspectivas que privilegiam a realidade dos processos e transformações, deslocando o foco de uma ontologia centrada exclusivamente em substâncias estáticas para uma concepção mais abrangente da constituição do real.

A investigação ontológica das relações abrange ainda o exame de sua própria condição de existência, considerando se se apresentam como elementos com estatuto independente (Loux & Crisp, 2017) ou como recursos conceituais imprescindíveis para a organização da experiência. Nessa direção, algumas interpretações sustentam que as relações integram de forma constitutiva a estrutura do mundo, operando como molduras que tornam possível sua inteligibilidade.

O estudo sistemático dessas diferentes formas de relação fornece, assim, um quadro articulado no qual a realidade se apresenta como uma rede de conexões, processos e categorias interdependentes (Armstrong, 1997). As relações formais oferecem o modelo para compreender interações e transformações, enquanto as categoriais estabelecem a classificação das entidades segundo critérios fundamentais (Strawson & Smith, 2019). O conjunto dessas análises compõe uma representação ontológica capaz de revelar a complexidade e a organicidade da estrutura do ser.

2.5.1.3 Tempo e Espaço

Na análise ontológica, tempo e espaço configuram dimensões estruturantes da realidade, instituindo parâmetros categoriais que determinam modos de ser e organizam a disposição das entidades no conjunto do real (Smith, 2004). Esses elementos assumem função classificatória e delimitadora, estabelecendo a posição, a extensão e a duração próprias de cada ente (Romero, 2017). A abordagem filosófica compreende tempo e espaço como fundamentos da diferenciação ontológica, articulando as condições pelas quais se reconhecem a persistência, a transformação e a coexistência no interior da totalidade.

O tempo apresenta-se como estrutura constitutiva que orienta a compreensão do ser (Carneiro, 2004), sustentando a possibilidade de apreender mudança, continuidade e permanência. Sua consideração ultrapassa a sucessão de instantes, envolvendo a determinação de ritmos e durações que participam da identidade das entidades no curso do devir. A análise ontológica do tempo implica examinar as condições sob as quais ocorrem processos, bem como o modo pelo qual se mantêm ou se dissolvem as determinações próprias de cada ente (Romero, 2017; Smith, 2003).

O espaço manifesta-se como ordenamento das entidades segundo relações de posição e coexistência, delimitando limites, proximidades e articulações que compõem o domínio relacional da presença (Croca, 2022). Sua investigação requer a definição das condições que tornam possível a localização e a extensão, compreendendo-as como aspectos inerentes ao ser e determinantes da forma pela qual as entidades se integram ao conjunto do real.

No núcleo da reflexão ontológica, tempo e espaço são concebidos não como domínios autônomos, mas como dimensões integradas de uma mesma ordem estrutural (Heidegger & Cavalcante, 2015). O ser não se reduz a um ente localizado, mas manifesta uma espacialidade constitutiva que se articula de modo inseparável à sua temporalidade. Sua presença no mundo resulta da interdependência entre a determinação espacial e a projeção temporal que configuram sua existência.

2.5.2 Campo de problematizações ontológicas

Trata-se de seções do estudo ontológico que não operam de forma tão categórica quanto os instrumentos de análise anteriormente examinados. Essas questões surgem no discurso

ontológico de maneira contingente, manifestando-se de forma dispersa e vinculadas a diferentes dimensões fundamentais desse discurso.

Observa-se que alguns textos problematizam essas temáticas de modo direto; no entanto, o interesse em separá-las das seções anteriores decorre do fato de que elas não estão completamente cristalizadas como categorias de análise do discurso ontológico, constituindo-se, antes, como um campo de problemáticas derivadas da própria ontologia.

2.5.2.1 Identidade, Diferença e Atributos

Na investigação ontológica, a constituição e a distinção dos entes também são compreendidas a partir da integração de três dimensões fundamentais: identidade, diferença e atributos. Essas categorias operam de forma interdependente, configurando a permanência, a alteridade e a determinação qualitativa do ser.

A identidade estabelece o princípio pelo qual se reconhece a continuidade de um ente ao longo do tempo (Heidegger & Cavalcante, 2015; Lowe, 2007), mesmo diante de variações em seu modo de manifestação. Constitui fundamento lógico e metafísico que assegura a coerência interna da existência e a correspondência entre diferentes momentos de um mesmo ser.

A diferença atua como critério ontológico que delimita cada ente, impedindo qualquer coincidência absoluta e garantindo a pluralidade estrutural do real (Deleuze et al., 2021; Heidegger & Cavalcante, 2015). Essa dimensão não decorre de condições circunstanciais, mas expressa uma propriedade constitutiva que sustenta a distinção e a multiplicidade.

Os atributos determinam e qualificam a estrutura dos entes, fornecendo as propriedades que integram sua configuração e modo de apresentação²². São elementos que, mesmo sujeitos a variações, participam da definição do ser e orientam sua apreensão no pensamento.

No conjunto do exame ontológico, identidade, diferença e atributos compõem um sistema articulado: a identidade mantém a persistência do ente, a diferença afirmar sua não coincidência e os atributos oferecem as determinações que organizam e tornam inteligível essa

²² Em termos mais simples, essa frase significa que as **características** de algo, como sua cor, tamanho, forma e até mesmo suas qualidades abstratas, como inteligência ou utilidade, são o que definem e dão forma à sua existência. Ver (Aubenque, 2022; Deleuze et al., 2021; Vieira, 1995).

relação. A análise dessas dimensões fornece um eixo conceitual decisivo para descrever a estrutura da realidade em sua extensão temporal e espacial.

2.5.2.2 Universalidade e Particularidade

Na abordagem ontológica, a universalidade designa um princípio de determinação que se manifesta em múltiplas ocorrências ao longo do espaço e do tempo (Silva, 2015), ultrapassando a singularidade de qualquer ente isolado, uma característica que não se esgota em um único ente (Armstrong, 1997). A particularidade corresponde à instância concreta e única em que tais determinações se efetivam (Lewis, 1983), conferindo existência específica e irrepetível às entidades.

O exame dessas categorias considera sua implicação recíproca. A universalidade, como princípio de recorrência, fornece um esquema necessário para a formulação de enunciados e características gerais (universais) e para a ordenação sistemática do real (Armstrong, 1997; Sharlow, 2006). A particularidade, como expressão singular, preserva a delimitação efetiva e a materialidade das entidades, garantindo que o ser se apresente em ocorrências definidas no tempo e no espaço.

A articulação entre universalidade e particularidade suscita questões centrais à análise filosófica (Lukács, 1968; Patriota, 2010): a natureza da existência das determinações universais, sua possível independência ou inseparabilidade das instâncias particulares, as formas pelas quais uma ocorrência singular pode portar, conservar ou modificar tais determinações, e o modo como se organiza a relação de dependência entre generalidade e singularidade.

Compreendidas como dimensões constitutivas, universalidade e particularidade operam conjuntamente na descrição e na explicação do ser (França, 2021). A primeira estabelece as condições para o reconhecimento e a sistematização das entidades, enquanto a segunda assegura a individualidade que cada ocorrência possui. A elucidação dessa relação é fundamental para construir uma ontologia que apreenda, de forma integrada, tanto a permanência quanto a diferenciação que estruturam a realidade.

2.5.2.3 Observação e Quantização

No âmbito ontológico, a observação constitui elemento central para a constituição (e apreensão) do conhecimento sobre a existência e a realidade (Kant & Mattos, 2015; Quine et al., 2013). Ela não se restringe à simples percepção sensível, mas estabelece o contato inicial com o que se apresenta como ser, permitindo a apreensão das qualidades, propriedades e relações que caracterizam as entidades. A investigação ontológica mobiliza a observação como referência para interrogar a essência das características percebidas (Smith, 2004), sua condição de universalidade e sua autonomia em relação ao contexto. Nesse sentido, a observação fornece o material empírico que sustenta a reflexão (Kant & Mattos, 2015), sem, entretanto, se confundir com esta, cujo foco reside na análise das estruturas e condições de possibilidade do ser.

A quantização ocupa um papel distinto, situado na esfera epistemológica (Okasha, 2002). Enquanto a observação evidencia a presença e a natureza das propriedades das entidades. A preocupação ontológica não reside no ato de medir, mas no que se revela por meio das propriedades mensuradas (Berka, 1983) e nas implicações dessa revelação para a compreensão da natureza dos entes.

A reflexão kantiana acerca do conhecimento a priori destaca que, embora a observação forneça dados empíricos, o estudo ontológico investiga as condições que tornam possível a apreensão e a interpretação dessas propriedades no contexto do real (Kant & Mattos, 2015).

A articulação entre observação e quantização se manifesta na construção do conhecimento. A ontologia não se apresenta como ciência experimental, mas fundamenta-se na análise das implicações derivadas da percepção e também da quantificação das entidades²³.

Dessa forma, a observação fornece a base inicial para que a ontologia formule suas problemáticas, oferecendo acesso às manifestações do ser no mundo sensível, enquanto a quantização atua como instrumento epistemológico que sistematiza e intensifica essa apreensão. Embora não constitua núcleo do estudo ontológico, a medição revela dimensões do ser que exigem reflexão crítica e ajustes teóricos.

²³ Fazemos esta afirmação com base principalmente no pensamento Kantiano, a quantificação dos entes é problemática derivada, a exemplo, de suas categorias do entendimento: quantidade, qualidade, relação e modalidade. Ver (Heis, 2014; Kant & Mattos, 2015; Rampinini, 2020).

2.5.2.4 Referenciação

Na análise ontológica, a relação entre forma, pensamento e realidade requer a formulação rigorosa das condições que permitem identificar e distinguir as entidades no interior do domínio do ser (Kripke, 1998; Quine, 1969). Esses critérios de identidade constituem fundamento lógico e conceitual que viabiliza a reidentificação de um mesmo ente em contextos distintos, preservando a precisão e evitando ambiguidades no discurso (Smith, 2004). A aplicação desses critérios está vinculada ao estatuto ontológico das entidades, entendido como a posição que ocupam no conjunto das categorias do ser, independentemente de sua condição material ou imaterial (França, 2021).

A definição desse estatuto implica examinar o modo de ser que caracteriza cada entidade, estabelecendo se sua presença no quadro ontológico é necessária, contingente ou derivada de construções conceituais. Tal análise abrange tanto o que se manifesta no plano da experiência quanto o que se apresenta como possibilidade pensável (Quine, 1969), ainda que sem efetividade fenomênica. O vínculo entre critérios de identidade e estatuto ontológico decorre do fato de que a determinação precisa do modo de ser é condição para fixar os parâmetros de reidentificação de um ente.

A referência, nesse contexto, constitui o mecanismo que ancora a linguagem na ordem ontológica, determinando com exatidão as relações entre termos, conceitos e entidades. Ela estabelece a correspondência entre expressão e ente e sustenta a coerência interna do discurso (Patriota, 2010), assegurando que as proposições se mantenham ligadas a um domínio estável de significação. A ausência de clareza na definição da referência compromete simultaneamente a aplicação dos critérios de identidade e a determinação do estatuto ontológico, enfraquecendo a consistência de qualquer construção teórica.

Percebe-se, dentro do horizonte de investigação, que a problemática da referência se vincula de maneira direta à discussão ampliada sobre o realismo científico. Isto ocorre porque a perspectiva assumida acerca da conexão entre a linguagem e a realidade exterior determina, em boa medida, a forma como se interpreta o estatuto ontológico dos elementos teóricos propostos por um determinado constructo científico.

No cerne dessa controvérsia filosófica, duas concepções principais de referência se apresentam de forma paradigmática. A concepção de origem descritiva, tradicionalmente ligada a Frege (1892), defende que a referência de um termo qualquer é estabelecida mediante um

conjunto de descrições ou de modos de apresentação que delimitam o seu sentido e, por esse caminho, viabilizam a aproximação ao referente em si. Sob este ponto de vista, tanto a identidade quanto a correta identificação de uma entidade está condicionada à estabilidade conceitual proporcionada pelas descrições que a definem, atribuindo assim uma precedência decisiva ao conteúdo semântico no processo de referencial.

Em contrapartida, a teoria causal da referência, com formulação em Kripke (1998), opera uma mudança de eixo ao postular que a referência é inicialmente determinada por um ato de nomeação original e subsequentemente mantida por meio de cadeias causais de uso da linguagem, independentemente da precisão ou da integralidade das descrições que possam estar vinculadas ao termo em questão (Chakravartty, 2011).

Ainda que essas reflexões não representem o foco nuclear do presente estudo, a sua consideração se mostra pertinente na medida em que compõem um arcabouço teórico mais amplo, dentro do qual se localizam, em momento posterior, as questões específicas concernentes à filosofia da química. O modo como se compreende o mecanismo da referência influencia, ainda que de maneira implícita, as análises sobre a natureza dos entes químicos, sobre os critérios de identidade a eles aplicados e sobre o alcance ontológico real dos conceitos empregados pela disciplina. Desse modo, a recuperação sintética deste debate oferece o substrato conceitual indispensável para situar, com o rigor necessário, as discussões de caráter ontológico que serão desenvolvidas nos capítulos que se seguem.

2.6 Síntese do Capítulo

Este capítulo objetivou explicitar a função da ontologia enquanto instrumento de escrutínio filosófico, compreendida tanto como um domínio descritivo dos entes quanto como um dispositivo crítico dedicado à problematização das estruturas que fundamentam sua inteligibilidade. Ao reconstituir seu percurso histórico em diálogo constante com a metafísica geral, evidenciou-se que a ontologia mantém um foco específico no ser enquanto ser, fornecendo simultaneamente a estrutura de inteligibilidade que possibilita e delimita as investigações metafísicas.

Nessa perspectiva, a ontologia foi mobilizada como ferramenta investigativa apta a interrogar de modo conjugado a constituição dos entes e os modos de apreensão que viabilizam sua compreensão. Tal abordagem permitiu demonstrar que o conhecimento não se organiza de

maneira neutra ou transparente, sendo antes condicionado por estruturas conceituais e categorias a priori que orientam a explicação e circunscrevem seus limites. Explicar um fenômeno implica, portanto, não apenas descrevê-lo, mas operar sobre o horizonte ontológico que o torna inteligível.

Argumentou-se ao longo do capítulo que ontologia e explicação sustentam uma relação de interdependência dinâmica. Se a ontologia estabelece o campo conceitual no interior do qual a explicação pode ocorrer, o próprio ato explicativo introduz novos conceitos, tensiona categorias estabelecidas e pode reconfigurar a estrutura ontológica previamente assumida. Desse modo, o esclarecimento foi compreendido como uma atividade enraizada no plano ontológico, ao mesmo tempo dependente de uma compreensão prévia do ser e capaz de transformá-la.

A sistematização das categorias ontológicas fundamentais, como substância, propriedades, eventos, causalidade, relações, tempo e espaço, juntamente com os campos de problematização associados à identidade, universalidade, referência e quantização, não buscou a exaustão conceitual desses temas, mas a explicitação de domínios estruturantes que historicamente orientam o debate ontológico. A consolidação dessas categorias na tradição filosófica evidencia seu papel estruturador na organização do pensamento e na delimitação dos modos de explicação possíveis.

Assim, o capítulo estabeleceu as bases conceituais necessárias para compreender a ontologia como eixo de investigação filosófica cujas categorias e problemáticas informam, orientam e limitam as práticas explicativas. Esse quadro teórico constitui o fundamento a partir do qual será possível examinar, nos capítulos subsequentes, como tais estruturas ontológicas se manifestam, se tensionam e se reconfiguram em contextos específicos de produção do conhecimento, em especial no domínio da química e de suas implicações epistemológicas e educacionais.

Capítulo 3: Estrutura ontológica dos conceitos químicos na Filosofia da Química

Nesta etapa da investigação, reivindicamos a possibilidade - e, sobretudo, a necessidade - de deslocar nossa fundamentação para o cerne da filosofia da química, campo que se apresenta como o principal referencial teórico deste trabalho. A partir do interesse basal em sistematizar esta discussão que se configura em inegável relevância, buscamos lançar luz sobre os principais pontos de inflexão do escrutínio ontológico dos conceitos tal como aparecem nas pesquisas filosóficas sobre a química.

Nesse contexto, observamos que a filosofia da química abriga uma inquirição elementar e estruturante para a problematização ontológica dos conceitos. Nos últimos anos, esse campo tem demonstrado um dinamismo crescente, com produções que não apenas avançam em distintas frentes epistemológicas e metodológicas, mas que também vêm consolidando abordagens consistentes em torno das questões ontológicas. A intersecção entre o estudo dos conceitos químicos e suas implicações ontológicas tem se revelado um eixo produtivo de reflexão, evidenciando o amadurecimento teórico e o aprofundamento crítico nas investigações dedicadas a essa temática.

Este capítulo tem, portanto, como objetivo apresentar de forma sistematizada essa discussão, destacando sua relevância, seus tensionamentos internos e suas possibilidades de desenvolvimento. Para tanto, delimitamos nossa investigação aos dois principais periódicos científicos da área: *Foundations of Chemistry* e *Hyle – International Journal for Philosophy of Chemistry*, por serem considerados os mais representativos em termos de abrangência temática, rigor editorial e impacto na consolidação da filosofia da química como campo autônomo de investigação.

A análise empreendida consistiu no mapeamento exaustivo dos bancos de dados de ambas as revistas, com o intuito de identificar e examinar os artigos que, de forma explícita ou implícita, mobilizam uma problematização concomitante dos conceitos químicos e de seus fundamentos ontológicos. Embora tenhamos nos deparado com uma variedade de gêneros textuais - como editoriais, resenhas, capítulos de livros e outros tipos de publicações - optamos por concentrar nossa análise exclusivamente nos artigos científicos, por compreender que esses constituem o principal locus de argumentação sistemática e debate teórico dentro da produção acadêmica especializada.

Nas próximas seções, apresentaremos os resultados obtidos a partir desta investigação, destacando os principais elementos que emergem da análise do corpus selecionado. Nosso

objetivo é não apenas expor as recorrências temáticas e argumentativas presentes nos artigos analisados, mas também interpretar criticamente os modos pelos quais a ontologia dos conceitos tem sido mobilizada nas pesquisas contemporâneas da filosofia da química. Ao fazê-lo, buscamos contribuir para o alargamento, a qualificação e o aprofundamento do debate sobre os fundamentos conceituais deste campo, evidenciando tanto as potencialidades quanto os desafios implicados nessa linha de investigação.

3.1 Investigações sobre a Ontologia Química na filosofia da química

Conforme apresentamos este cenário de investigação, enunciamos através da nossa análise, que o discurso ontológico na Filosofia da Química emerge como uma forma de racionalidade sistemática, sustentada por compromissos metafísicos específicos, cujas proposições estruturam-se a partir da articulação entre enunciados quantitativos, predicados teóricos e categorias ontológicas fundamentais. É possível, portanto, identificar dois níveis interdependentes que organizam e tensionam este campo de análise.

O primeiro deles refere-se à determinação dos tipos ontológicos primários que compõem o vocabulário basal da Química, tais como substâncias, processos, propriedades, disposições e relações. É nesse plano que se localizam discussões como a da natureza da ligação química: se esta deve ser compreendida como uma entidade relacional ou como uma propriedade intrínseca dos átomos. É também neste nível que se enraíza a disputa entre reducionismo e emergência ontológica, configurando duas racionalidades antagônicas. De um lado, o reducionismo ontológico sustenta que entidades e propriedades químicas são derivadas, ou mesmo epifenomênicas, em relação às entidades físico-quânticas - hipótese que postula uma função de tradução conservativa entre a linguagem da Química e a da Física, capaz de preservar identidade ontológica e equivalência explicativa. De outro lado, a emergência ontológica defende que certos fenômenos químicos - como a acidez, a aromaticidade ou a solubilidade - introduzem propriedades novas e irreduzíveis às leis fundamentais da Física, mesmo que delas dependentes. Trata-se, aqui, de um argumento fundado na falha de dedutibilidade: algumas regularidades químicas não podem ser logicamente derivadas, a priori, das equações da mecânica quântica.

Em seguida, um outro nível concentra-se na relação entre teorias, modelos e leis científicas, e em como estes dispositivos estruturam e legitimam compromissos ontológicos. A

problemática filosófica, nesse contexto, desloca-se da indagação sobre o que existe para como se constitui ontologicamente aquilo que se postula como existente. Em outras palavras, o ponto nodal é compreender se os modelos teóricos - como o modelo orbital, o modelo da ligação de valência, os diagramas de reação, entre outros - funcionam como representações verídicas da realidade ou como construções instrumentais úteis à prática científica. Essa discussão conduz, inevitavelmente, à problematização do estatuto ontológico dos conceitos químicos empregados na modelização: seriam tais conceitos meras abstrações idealizadas ou expressões ontologicamente comprometidas com aspectos reais do mundo? Questões como a polissemia conceitual, os usos idealizados e a natureza das abstrações tornam-se, assim, centrais para compreender os modos pelos quais o discurso químico opera na prática científica.

Por fim, cabe reiterar que as discussões aqui elencadas configuram um campo de disputas conceituais e epistemológicas que repercutem diretamente nas formas de ensino, pesquisa e produção do conhecimento químico. Nas próximas sessões, empreenderemos uma análise detida sobre essas categorias, com o objetivo de cartografar as configurações que delimitam e tensionam o debate contemporâneo sobre a ontologia dos conceitos na Filosofia da Química.

3.1.1 Mereologia como a gramática do discurso químico

Dentre os dispositivos conceituais mobilizados no escrutínio ontológico da realidade química, destaca-se, de modo notório, a mereologia, cuja recorrência e centralidade a situam como uma das ferramentas mais investigadas e recorrentes no interior da Filosofia da Química contemporânea (Ghibaudi & Cerruti, 2017; Prentner, 2017; Sukumar, 2013). Esta predominância se configura como um verdadeiro núcleo duro de investigação, no sentido lakatosiano do termo²⁴, evidenciando que as estruturas mereológicas compõem um campo de problemas resistentes à refutação e internalizados como condição de inteligibilidade do pensamento químico (Ghibaudi & Cerruti, 2017).

A centralidade atribuída a esse arcabouço analítico é ilustrada, por exemplo, pelo trabalho de Harré & Llored (2011) intitulado *Mereologies as the Grammars of Chemical Discourses*, no qual os autores argumentam que os discursos químicos se organizam segundo distintas formas de mereologia, as quais articulam diferentes modos de conceber, representar e intervir sobre a realidade química. Trata-se em conceber o pensamento mereológico como uma

²⁴ O núcleo duro, segundo Lakatos, é o conjunto de premissas fundamentais de um programa de pesquisa que não pode ser abandonado ou refutado, sendo protegido por hipóteses auxiliares.

chave heurística e ontológica que estrutura o modo como os fenômenos químicos são descritos, modelados e compreendidos (Needham, 2006).

Para leitores eventualmente não familiarizados com essa vertente investigativa, cumpre apresentar a mereologia como um domínio basilar da filosofia geral. Trata-se de um termo de origem grega - méros (parte) e logia (estudo) - que se estrutura como o exame das partes e das relações entre parte e todo (Santos, 2024). Destacamos, contudo, que esta definição introdutória, ainda que necessária, não esgota a complexidade do problema. No âmbito da filosofia da química, a mereologia clássica se mostra insuficiente para capturar a totalidade das investigações ontológicas em curso.

A mereologia clássica, no entanto, falha para entidades estruturadas como as moléculas, onde o todo não é meramente a soma de suas partes. Quando o todo é maior do que a soma mereológica de suas partes, falamos de emergência. (Sukumar, 2013; tradução nossa.)

Harré & Llored (2011) destacam que o pensamento parte-todo, embora ainda não formalizado como mereologia, já esteve presente na história da química, exemplificado por Boyle, que introduziu os corpúsculos como unidades materiais com propriedades mecânicas; Newton, que propôs uma estrutura de composição em níveis próxima à linguagem molecular; Dalton, no início do século XIX, que consolidou o atomismo químico definindo elementos e compostos como unidades ontológicas; e Maxwell, que estabeleceu o conceito moderno de molécula como a menor parte que mantém as propriedades do corpo total.

Em nossa investigação, direcionada a examinar de que modo este debate permeia a constituição dos conceitos químicos, identificamos a presença central de duas estruturas conceituais que articulam essa interface: os conceitos de emergência e reducionismo. Ambos se apresentam como eixos estruturantes e fundamentais no delineamento das investigações nesse campo (Llored, 2012).

3.1.1.1 Emergência e níveis de organização

Na filosofia geral, entende-se por emergência, no âmbito das investigações mereológicas, a manifestação de propriedades que surgem a partir da interação das partes constituintes de um sistema. Destaca-se que, em um sistema complexo, formado pela agregação de componentes menores, uma nova estrutura se configura quando essas partes se organizam

de determinada maneira. É somente sob essa disposição específica que emergem características inexistentes nas partes individuais quando consideradas isoladamente.

Como é problematizada na filosofia da química, a ideia de emergência, em seu cerne, desafia a noção arraigada de que todos os fenômenos podem ser integralmente reduzidos às suas partes constituintes. De Scerri (2004) a caracteriza como a tendência oposta à redução, onde certas manifestações fenomênicas ou formas de organização surgem em patamares "acima e além do que se esperaria dos constituintes do sistema". Ele ilustra essa concepção com o exemplo da formação de elementos: a adição de apenas um próton, um elétron e alguns nêutrons é capaz de transformar o boro em carbono, um elemento com propriedades drasticamente diversas, incluindo a capacidade de sustentar sistemas vivos. Essa novidade e imprevisibilidade servem como marcadores distintivos da emergência, e Scerri (2004) argumenta que, embora a redução da química seja "quase completa", os fenômenos químicos emergem intrinsecamente dos fenômenos físicos. As problemáticas que permeiam o discurso da emergência na filosofia da química revelam-se complexas e intrincadas.

Uma distinção crucial é estabelecida entre a emergência diacrônica e sincrônica (Matta et al., 2020). A diacrônica denota um processo temporal em que algo novo surge de um domínio preexistente, ao passo que a sincrônica refere-se à relação entre um item e um nível inferior, onde a variável tempo é irrelevante. Em ambas as instâncias, a novidade não é redutível nem previsível a partir do domínio basal. Outra distinção fundamental é a da emergência ôntica, que se refere à relação entre itens pertencentes a diferentes níveis ônticos, onde os itens emergentes são onticamente novos e coexistem na realidade com a mesma objetividade dos itens do domínio inferior. Matta et al. (2020) enfatizam que, se A emerge de B, então B não emerge de A, implicando uma dependência ôntica na qual a existência de A é condicionada pela existência de B.

A discussão se aprofunda na relação entre domínios. A emergência inter-domínio ocorre quando os termos pertencem a teorias e domínios ônticos distintos, enquanto a emergência intra-domínio se manifesta quando os termos pertencem à mesma teoria e domínio ôntico, mas identificam níveis distintos dentro dele (Matta et al., 2020). No contexto da filosofia da química, o desafio primordial é elucidar a emergência de itens químicos a partir de itens físicos. O nível emergente corresponde ao domínio molecular, onde as explicações químicas são válidas, descrevendo a matéria como um conjunto de moléculas ou cristais compostos por átomos elementares, cujas interações são regidas pela tabela periódica. O nível basal, por sua vez, é o domínio quântico (Matta et al., 2020). É neste ponto que reside a tensão fundamental: se os

fenômenos do domínio molecular pudessem ser explicados exclusivamente pela mecânica quântica, a visão reducionista seria veementemente defendida.

As principais implicações ontológicas dessa discussão são de profunda significância. Se a emergência é válida, sugere-se que a realidade transcende a mera soma de suas partes fundamentais. A co-emergência, proposta por Llored (2012) com base em Bitbol (2007), postula a ausência de uma emergência assimétrica de propriedades de alto nível a partir de propriedades básicas, propondo, em vez disso, uma co-emergência simétrica de características microscópicas de baixo nível e comportamento de alto nível. Essa perspectiva elimina a ideia de níveis absolutos, privilegiando uma co-emergência co-relativa de fenômenos, os quais são construídos como relativos a um determinado contexto experimental e inseparáveis dele (Llored, 2010).

Ochiai (2017) adota uma postura agnóstica em relação à realidade da emergência em si, argumentando que a natureza das coisas para além dos sentidos é inacessível para nós, e que as teorias e conceitos químicos dizem respeito aos fenômenos que observamos, servindo como modelos para conferir sentido às experiências. As principais veiculações teóricas que alimentam essa discussão são diversas. A teoria quântica é central, e Gambini et al. (2015) destacam suas duas propriedades fundamentais: ser quântica (valores discretos) e probabilística.

A natureza quântica é responsável pela existência de matéria organizada em átomos, moléculas e corpos sólidos, e cada elemento ou substância possui um conjunto discreto de comportamentos. A natureza probabilística implica que o conhecimento completo do estado de um sistema nem sempre permite prever com certeza seu comportamento futuro. Gambini et al. (2015) refutam a ideia de que fenômenos quânticos são relevantes apenas em escalas microscópicas, apontando que eles fundamentam fenômenos em escalas ordinárias, como a estabilidade de estruturas atômicas e moleculares e a origem de reações químicas.

No contexto das ligações químicas e da Teoria Quântica de Átomos em Moléculas (QTAIM), Matta (et al. 2020) exploram a relação entre a densidade eletrônica na QTAIM e o estado quântico na mecânica quântica. Embora a densidade eletrônica contenha a mesma informação que o estado quântico, isso não implica uma redução ôntica estrita da QTAIM à mecânica quântica. Eles observam que átomos químicos e ligações químicas pertencem ao domínio da química molecular, enquanto átomos topológicos e caminhos de ligação pertencem ao domínio da QTAIM, sendo essencialmente itens clássicos em contraste com o conceito quântico de densidade eletrônica. A associação entre eles, embora "natural", não é necessária nem a priori, e depende de propriedades como aditividade e transferibilidade, justificadas pelo teorema do virial Matta et al. (2020).

Historicamente, DeLanda (2017) nos recorda que os químicos reconheceram implicitamente a emergência muito antes de o termo ser cunhado. A observação de que as propriedades da água desaparecem ao ser decomposta em hidrogênio e oxigênio, mas reaparecem na síntese, demonstra o conceito de uma propriedade irreduzível. No início do século XIX, os livros didáticos de química já definiam afinidade como uma força capaz de produzir compostos com propriedades novas, em oposição a meras misturas (DeLanda, 2017). Essa percepção histórica ressalta que a ideia de propriedades emergentes está enraizada no próprio desenvolvimento da química.

A emergência está, de fato, no centro do pensamento químico. Llored (2012) questiona que tipo de conceito de emergência se conecta com a química quântica, propondo uma "rotação para o laboratório de pesquisa" para observar como os praticantes mantêm o todo molecular, suas partes e o ambiente coesos em seus métodos. Ele defende uma forma relacional de emergência que considera o papel constitutivo dos modos de intervenção e a co-definição dos níveis de organização. Essa abordagem abandona a distinção metafísica entre níveis, privilegiando uma pluralidade de modos de acesso, que são considerados elementos ativos na constituição dos padrões de organização.

Llored (2012) advoga por uma forma agnóstica de emergência que se alinha com a prática diária dos químicos, enfatizando que a unificação sem redução é possível, onde diferentes campos de pesquisa (como biologia e química) possuem suas próprias práticas, raciocínios, instrumentos e conceitos, sem a necessidade de um discurso unificado que elimine um dos conjuntos de predicados. Além disso, Prentner (2017) expande o cenário da emergência para além da química, ao mencionar fenômenos como a não-separabilidade e o entrelaçamento na mecânica quântica, o comportamento teleológico de sistemas e a auto-organização na física, química e biologia. Ele ressalta que o reconhecimento desses exemplos não obsta a investigação científica, podendo até abrir novas possibilidades de pesquisa. Isso reforça a ideia de que a emergência não é um obstáculo à ciência, mas sim um campo fértil para a exploração de fenômenos complexos que desafiam explicações reducionistas tradicionais.

Em suma, a discussão da emergência na filosofia da química revela um campo dinâmico e de múltiplas facetas. Ela questiona a redução, explora as nuances da novidade e da imprevisibilidade, e investiga as relações ônticas e epistemológicas entre os níveis físico e químico.

3.1.1.2 Reduccionismo

Historicamente consolidado como um dos pilares estruturantes do programa físico-cientificista, o reduccionismo clássico, conforme delineado por Oppenheim & Putnam (1958), sustenta a hipótese de que as teorias pertencentes aos níveis superiores da hierarquia das ciências são logicamente deriváveis daquelas situadas em níveis mais fundamentais, particularmente as teorias físicas. No domínio da química, tal proposição implicaria na possibilidade de subsumir os enunciados e entidades químicas às formulações da física, sobretudo àquelas oriundas da mecânica quântica. Hendry (2005), ao analisar essa perspectiva, evidencia que tal concepção implicaria em estabelecer vínculos lógicos estritos entre os fatos químicos e as estruturas teóricas da física, exigência que, segundo o consenso filosófico contemporâneo, revela-se insustentável em sua forma mais rígida. Essa constatação conduziu ao deslocamento do foco investigativo para formas mais flexíveis de interdependência teórica, como a noção de superveniência, no intuito de repensar a relação entre os domínios químico e físico.

É no contexto das formulações inaugurais da mecânica quântica que se inscreve, com vigor, a pretensão de redução da química. Dirac (1997), em uma formulação paradigmática, asseverava que, em princípio, toda a química era explicável com base na mecânica quântica, enunciado que, embora tenha impulsionado desenvolvimentos significativos no campo da química teórica, revela-se hoje problemático à luz da própria práxis científica e da ontologia que a sustenta Scerri (2005). Ainda que os avanços computacionais e a consolidação dos métodos da química quântica tenham promovido a incorporação funcional desses instrumentos na prática laboratorial, cumpre observar que tal utilização frequentemente se dá de forma instrumental, desprovida de um domínio profundo dos fundamentos quânticos por parte dos usuários (Scerri, 2005), o que evidencia uma apropriação pragmática e não necessariamente reducionista da teoria.

A crítica à redução nos moldes nagelianos²⁵ encontra eco em diversas frentes. A dificuldade em estabelecer as condições de conectividade e derivabilidade entre as linguagens teóricas da química e da física, condição central na proposta de Nagel, constitui um obstáculo

²⁵ Destacamos que a concepção de redução nos moldes nagelianos é bastante ventilada na filosofia da química. Trata-se da tentativa de demonstrar que uma teoria de nível superior pode ser logicamente derivada, por meio de regras de correspondência, de uma teoria mais fundamental, estabelecendo assim uma relação de derivabilidade e conectividade entre as linguagens teóricas envolvidas. Ver Ochiai (2013) e Hettema (2014).

significativo. Mesmo em casos de proximidade estrutural, como na relação entre a lei dos gases ideais e a teoria cinética dos gases, a extrapolação para toda a química permanece problemática (Ochiai, 2017).

Filósofos da química, em parte como resposta aos problemas percebidos na interpretação estrita do modelo nageliano de redução, também desenvolveram diversas abordagens alternativas para os problemas decorrentes da inter-relação entre as teorias da química e da física. Entre as propostas até o momento estão a noção popperiana de redução como explicação defendida por Scerri (1998), a concepção da relação como uma de emergência, inclusive com um grau de “causalidade retroativa” (ver Hendry, 2010), várias propostas de “redução ontológica” (ver LePoidevin, 2005; Scerri, 2007; Lombardi & Labarca, 2005; e Labarca & Lombardi, 2010 para discussão), assim como um argumento em favor de uma visão duhemiana da unidade da ciência proposta por Needham (2010). (Hetteema, 2014, tradução nossa.)

A historicidade da noção de reducionismo merece destaque, uma vez que seu significado transformou-se significativamente ao longo do tempo. Em suas formulações positivistas, reducionismo designava a exigência de que enunciados científicos se fundamentassem exclusivamente em observáveis, razão pela qual entidades teóricas como átomos foram inicialmente rechaçadas (Scerri, 2005). No entanto, a posterior confirmação empírica da existência dos átomos reverteu esse paradigma, fazendo com que o reducionismo passasse a significar a tentativa de explicar fenômenos macroscópicos por meio de componentes microscópicos - uma inversão semântica com consequências filosóficas expressivas (Scerri, 2005). Essa mutabilidade conceitual contribui para a pluralidade de posições que atualmente coexistem no interior do debate.

As implicações ontológicas do problema são particularmente reveladoras. A resistência à subsunção da química à física radica, em grande medida, na irredutibilidade de determinados conceitos e entidades que possuem funcionalidade própria e epistemologia distinta. A título de exemplo, no que concerne à descrição de ligações químicas e propriedades moleculares, conceitos como hibridização e orbitais moleculares não oferecem, necessariamente, superioridade preditiva em relação às formulações tradicionais da química (Ramberg, 2021) o que reforça a tese da especificidade do discurso químico.

As respostas teóricas a essas tensões se organizam em múltiplas frentes. Hetteema (2009, 2014) propõe a noção de teorias intercampo, segundo a qual os domínios científicos mantêm relações de interdependência funcional, mas não hierárquica, mobilizando conceitos e dados de campos adjacentes sem que isso implique redução. Outros autores exploram concepções de emergência com causalção retroativa ou ontologias disposicionais fundadas em poderes causais fundamentais, como na ontologia aristotélica revisitada por Arriaga (2023), em que a densidade eletrônica é concebida como uma entidade categórica e relacional. Essa vertente converge com leituras da ontologia química complexa de Robert Boyle, nas quais as qualidades químicas emergem da interdependência entre estrutura microestrutural e contextos interacionais concretos (Banchetti-Robino, 2022) evidenciando que a constituição da realidade química não se reduz à composição, mas envolve relações, práticas e finalidades.

A crítica à tentativa de reduzir a química à mecânica quântica atinge seu clímax nas considerações de Drago (2020) que sustenta que uma redução legítima entre teorias científicas exige a coincidência de suas escolhas matemáticas e lógicas fundamentais. Como tal coincidência não se verifica entre a química e a mecânica quântica, em virtude de suas gramáticas epistemológicas divergentes, a redução é logicamente inviável e ontologicamente espúria. A partir dessa análise, o autor propõe uma refutação sistemática da redução interteórica tradicional.

Em síntese, a discussão sobre o reducionismo no contexto da filosofia da química revela-se como um campo de inflexão epistêmica e ontológica. Longe de representar um desdobramento da física, a química se afirma como disciplina dotada de autonomia conceitual, metodológica e ontológica. Suas categorias não se deixam subsumir sem perda à linguagem da física, e suas práticas científicas exigem uma gramática filosófica própria, apta a reconhecer a emergência, a funcionalidade e a singularidade dos entes químicos. Tal reconhecimento demanda o abandono de modelos hierárquicos rígidos em prol de um entendimento mais relacional, pluralista e situado das ciências naturais.

3.2.2 A natureza dos entes químicos

Propomos, neste ponto, destacar uma inflexão ontológica de considerável relevância nas investigações que articulam os conceitos químicos a suas bases ontológicas: a discussão acerca da natureza dos entes químicos. Observa-se, na literatura especializada, um expressivo conjunto de trabalhos cuja preocupação central reside precisamente na delimitação categorial desses

entes, ou seja, na tentativa sistemática de circunscrever as categorias ontológicas fundamentais que estruturam a realidade química.

Cumprе salientar, desde já, que este campo de investigação apresenta-se profundamente tensionado, organizando-se em torno de duas grandes concepções matriciais: a ontologia das substâncias e a ontologia dos processos. Esta cisão teórica, não limita-se a um debate terminológico, implica escolhas epistemológicas e metodológicas substantivas: seria a química, em sua essência, a ciência das substâncias, com foco na estabilidade e individualidade dos corpos materiais? Ou, ao contrário, configurar-se-ia enquanto ciência dos processos, voltada à descrição e compreensão das transformações e dinâmicas reacionais-temporais que produzem e modificam tais substâncias?

Cumprе ainda ressaltar que, a partir da dicotomia entre substâncias e processos, desdobram-se distintas subcategorias ontológicas, cujas delimitações internas constituem objeto de análise e disputa no interior da literatura especializada. Destacamos, portanto, que tais subcategorias não extrapolam esse eixo estruturante, mas emergem precisamente das diferentes maneiras pelas quais substâncias e processos são concebidos, categorizados e operacionalizados no âmbito das investigações filosóficas sobre a realidade química.

3.2.2.1 Substância

Gostaríamos de iniciar esta apresentação em torno do conceito de substância da filosofia geral que remonta à tradição aristotélica, na qual substância (*substantia*) está diretamente associada ao conceito de *ousía*, ou essência do ser. Contudo, observa-se na contemporaneidade um declínio semântico do termo em seu uso cotidiano, que passa a assumir significados especializados ou mesmo uma conotação restrita ao âmbito químico, como assinala (Cerruti, 1998) Essa transformação semântica suscita desafios epistemológicos e ontológicos no tratamento da substância, especialmente quando confrontada com o termo fenômeno, cuja ressonância filosófica evoca o binômio fenomenal/noumenal kantiano²⁶ (Cerruti, 1998), mas que tem ganhado destaque em discursos experimentais e instrumentais.

²⁶ A distinção entre *fenomenal* e *noumenal* foi estabelecida por Immanuel Kant na Crítica da Razão Pura. O termo *fenomenal* refere-se ao mundo tal como ele nos aparece, isto é, aos fenômenos acessíveis à experiência sensível e organizados pelas categorias do entendimento humano. Já o *noumenal* designa a realidade em si mesma (*das Ding an sich*), independente de qualquer forma de percepção, permanecendo incognoscível aos sujeitos humanos.

Em mesma frente as problemáticas apresentadas por Cerruti, destaca-se um campo de pesquisa que concebe substância química como entidade imaterial imutável. Apresenta-se também em Boyce (2019) que ressalta a importância de separar o nível transcendental do empírico para evitar reducionismos que confundam essas instâncias e fundamentar a compreensão da matéria na constância dos elementos. Para esta problematização, o mesmo fundamenta-se no empreendimento de Mendeleev que distingue o elemento enquanto entidade abstrata, imutável e transcendente da substância como sua manifestação concreta e empírica (Boyce, 2019) Condiciona a inteireza da concepção de substância à uma emergência corpuscular oriunda de uma matriz elemental.

Em contraste com esta concepção de substância, apontamos para autores como Brakel (2013) que transpõem o conceito de substância para uma compreensão enquanto artefato epistemológico e prático, evidenciando a dimensão dinâmica e contingente da ontologia química na prática laboratorial.

Em Hendry (2012) por sua vez, enfatiza-se um pluralismo ontológico delimitado, ressaltando que os tipos naturais (substâncias naturais), como água ou ouro, adquirem extensão significativa apenas quando articulados aos conceitos científicos, implicando, assim, uma dimensão normativa e cognitiva para o conceito de substância.

No âmbito dessa perspectiva, Ghibaudi & Cerruti (2017) ampliam a reflexão para a dimensão relacional e contextual da substância química, demonstrando que a substância, enquanto instância materializada, altera seu status ontológico em função das condições espaciais, temporais e sociais nas quais se insere.

Destacamos que tais pesquisas convergem para a defesa de uma estrutura ontológica da substância química que ultrapassa a noção de uma essência fixa e universal, compreendendo-a enquanto entidade relacional, contingente e situada. A substância passa a ser concebida, simultaneamente, como uma abstração de caráter transcendental e como uma construção prática e epistemológica, cujo estatuto ontológico envolve dimensões empíricas, contextuais e cognitivas. Destacamos que, a partir desta apresentação, capilarizam-se algumas categorias que serão doravante apresentadas.

3.2.2.1.1 Stuff

A noção de *stuff*, no seio das investigações ontológicas na filosofia da química, é entendida como porção contínua, homogênea e extensiva de matéria, desloca-se do foco

tradicional da filosofia da química das entidades discretas para formas de materialidade que não se deixam reduzir à individuação formal. Esta concepção rompe com a herança categorial da física moderna, segundo a qual o mundo é composto por indivíduos dotados de propriedades intrínsecas, hierarquicamente organizados em estruturas cada vez mais complexas (Lewowicz & Lombardi, 2013).

A problematização em torno dessa categoria emerge como reação crítica ao modelo de organização do real consolidado desde o século XVII, orientado por princípios de forma, localização espacial e identidades bem definidas. Esse arranjo, ao privilegiar unidades discretas, obscurece a continuidade material, lacuna evidenciada por Schummer et al. (2006), que aponta a ausência sistemática de referência à matéria contínua nos esquemas formais dominantes. A alternativa proposta por Lewowicz & Lombardi (2013) enfatizam um outro modo de descrever a composição material, fundado na persistência de propriedades compartilhadas por porções indistintas e coesivas da matéria.

A partir dessa inflexão, a linguagem química passa a ser interpretada como operando com termos de massa que escapam ao vocabulário centrado na individuação. Essa característica é indicativa de um modo específico de descrever e manipular a realidade, onde os objetos não se apresentam como portadores de uma identidade fixa, mas como agrupamentos de propriedades que permanecem relativamente constantes em contextos experimentais (Friend, 2020).

Nesse sentido, Córdoba & Zambon (2017) observam que, embora a abordagem seja eficaz para descrever os domínios macroscópicos, ela exige revisões conceituais quando aplicada a escalas inferiores, como a dos nanomateriais. Nesse caso, propriedades anteriormente contínuas passam a se comportar de maneira sensível à granularidade da matéria, tornando necessário o refinamento dos critérios de composição e estabilidade.

Psarros (2001) propõe um deslocamento ainda mais radical ao interpretar os termos como “substância” e “material” não como designações de entidades físicas, mas como formas de predicação. Essa abordagem recusa a identificação de *stuff* com conjuntos de partículas e enfatiza que o significado emerge do uso linguístico em contextos técnicos, estruturados por convenções disciplinares. Assim, distinções como a existente entre uma “peça de bronze” e uma “estátua de bronze” não implicam diferentes entidades no plano da realidade, mas diferentes modos de nomear, segundo esquemas semânticos.

O modelo formal proposto por Friend (2020) reforça a ideia de que a descrição da matéria no interior da química depende da atribuição de propriedades que permanecem localizadas em determinadas porções, mesmo diante de interações com o meio ou de variações internas. A co-localização e a persistência dessas propriedades tornam-se o critério operativo central para o reconhecimento de materiais em laboratórios, especialmente na análise de substâncias que não podem ser descritas como corpos discretos.

Ao reunir essas contribuições, configura-se uma concepção de composição material orientada por continuidade, permanência relacional e descrição intensiva. Em vez de recorrer à identidade de indivíduos, a prática química recorre à estabilidade relativa de propriedades que tornam possível nomear, classificar e manipular a matéria em situações concretas de investigação e aplicação.

3.2.2.1.2 Tipos Naturais e Tipos Químicos

A investigação sobre tipos naturais e tipos químicos envolve categorias ontológicas que buscam definir a identidade e essência das substâncias na natureza e na química. Tradicionalmente, essa análise desloca-se da metafísica clássica para uma abordagem que considera as práticas científicas e as condições epistêmicas que tornam inteligíveis categorias como substância e espécie química. Conforme apontado por Headley (2023) a concepção analítica clássica, destacada por Kripke e Putnam, atribuiu à química um papel central na fixação das essências naturais, mas foi criticada por se afastar da prática científica concreta e por apoiar uma metafísica desconectada da historicidade da ciência.

A filosofia da química tem assumido uma postura crítica diante de concepções que impõem propriedades invariantes como critério único de classificação. Bano (2023) ao tratar do essencialismo mitigado, argumenta que algumas categorias podem comportar uma referência estrutural estável, desde que se reconheça seu papel funcional na linguagem científica e sua dependência de sistemas teóricos específicos. A distinção entre substância simples e substância básica, nesse sentido, revela que a constituição ontológica da identidade depende da articulação entre estrutura e função.

Ruthenberg & Harré (2012) aprofundam essa abordagem ao retomarem a diferença entre as propriedades empíricas que servem à classificação e aquelas que, supostamente, explicam as regularidades. Ao reconhecerem que toda essência é passível de revisão e depende de uma rede

de práticas, os autores rejeitam a ideia de uma fundação imutável e reconhecem o papel do laboratório, da linguagem e da evolução conceitual na constituição do tipo.

Thyssen (2024) tensiona esse debate ao propor a possibilidade de unificação do conceito de acidez com base em um núcleo estrutural relacional. Mesmo diante da diversidade de teorias, argumenta que há um traço comum - orbitais vazios de baixa energia - que confere ao conceito uma coerência interna suficiente para que se pense a acidez como pertencente a uma categoria do real, sem exigir um fundamento absoluto.

Outros autores, como Harré (2005) retomam a taxonomia das propriedades e observam que, embora certas características sejam designadas como essenciais, sua estabilidade ontológica depende de decisões teóricas e não de dados irrefutáveis. Gómez (2013) por sua vez, enfatiza que a equivalência entre termos como água e H_2O está ancorada no uso disciplinar e nas convenções institucionais da linguagem científica, o que desloca o tipo para uma zona semântica construída no interior de sistemas técnicos de representação.

Nesse horizonte, a proposta de Vihalemm (2011) recusa a exigência de competir com os modelos da física e propõe uma ontologia assentada nas práticas e na autonomia da química como campo de construção conceitual próprio. Em lugar de buscar essências imutáveis, trata-se de compreender os tipos como categorias emergentes de uma ciência que opera com instrumentos, modelos e linguagens próprias.

A categoria de tipo químico, portanto, não se deixa reduzir nem ao essencial nem ao puramente convencional. Ela se constitui como uma construção teórico-prática em constante reformulação, resultado da interseção entre estrutura, função, linguagem e história.

3.2.2.1.3 Microestruturalismo e Essencialismo

A concepção de microestruturalismo, conforme desenvolvida por Hendry (2005, 2006), introduz uma inflexão significativa no debate entre interpretações fundadas na redução e abordagens orientadas pela complexidade relacional, ao sustentar que a identidade das substâncias químicas depende de propriedades microfísicas identificáveis, especialmente da carga nuclear. Este elemento, tratado como critério objetivo de individuação, permite uma fixação ontológica dos elementos, possibilitando sua delimitação como espécies naturais, inclusive por aqueles que reconhecem a emergência de propriedades não redutíveis (Cairns, 2023). A posição enunciada por Hendry opera, assim, no limiar entre a análise de componentes

últimos e a constituição de estruturas explicativas mais amplas, que conferem inteligibilidade às classificações químicas.

Bano (2023) retoma esse modelo, propondo uma formulação que articula a noção de estrutura fundamental com uma defesa da essencialidade dos elementos sob duas formas: enquanto substância básica e enquanto substância simples. Essa duplicidade conceitual permite uma acomodação de propriedades tanto em registros mais abstratos quanto em contextos empíricos concretos, de modo que a essência de um elemento não se apresenta como fixação rígida, mas como princípio que suporta variações sem perder a coesão teórica. A estrutura sugerida por Bano oferece, assim, uma sustentação ontológica que admite o trânsito entre dados experimentais e esquemas explicativos, recusando uma separação entre descrição empírica e compromisso ontológico.

A possibilidade de estender esta concepção a categorias funcionais da química é examinada por Thyssen (2024), ao analisar o conceito de acidez a partir da convergência entre os modelos de Brønsted e Lewis. Segundo o autor, a acidez pode ser associada a uma estrutura microfísica específica, caracterizada pela presença de orbitais desocupados de baixa energia. Essa formulação permite uma correspondência entre função química e estrutura subjacente, sugerindo que mesmo propriedades tradicionalmente entendidas como relacionais ou latentes podem ser tratadas como disposições arraigadas em arranjos materiais identificáveis. Nesse cenário, a acidez não seria uma propriedade atribuída segundo convenções externas, mas uma manifestação de potências internas cujas condições de atualidade dependem da configuração eletrônica.

A aproximação entre estrutura e essência, contudo, não permanece isenta de críticas. Ruthenberg (2024) problematiza o movimento de atribuir às composições físicas o estatuto de fundamento ontológico, argumentando que essa prática responde mais a uma aspiração conceitual do que à realidade operada no interior dos laboratórios. Para o autor, o que se apresenta como certeza ontológica resulta, na verdade, de uma elaboração teórica que busca traduzir a experiência empírica em categorias fixas. Esse processo dá origem a construções que podem se afastar das práticas concretas da ciência, gerando uma tensão permanente com descrições mais diretamente articuladas ao experimento. A divergência entre formulações conceituais e experiências científicas produz, assim, modos distintos de nomear e explicar, com diferentes compromissos teóricos e pragmáticos.

A mesma fricção aparece nos escritos de Harré (2005), que evidencia a diferença lógica entre discursos voltados à descrição e aqueles voltados à explicação. O autor mostra que, ao se mover da classificação vernacular para a explicação teórica, a química transforma as bases da nomenclatura. Termos como acidez ou elemento, ao serem tomados como operadores conceituais, deixam de ser meramente designativos para se tornarem constituintes de um vocabulário explicativo fundado em potências e disposições. A linguagem científica passa, então, a operar por meio de esquemas explicativos que não apenas representam, mas constituem aquilo que se pretende nomear, fundando, assim, um regime de inteligibilidade em que a composição material se torna princípio ativo na organização do discurso.

3.2.2.2 Processos

Nas últimas décadas, tem-se verificado, no interior das ciências naturais, um movimento de reconfiguração ontológica cujas implicações concorrem para uma inflexão paradigmática significativa: trata-se da emergência progressiva de modelos explicativos fundados na noção de processo, em contraste com as tradicionais ontologias centradas na substância como unidade estável e portadora de propriedades permanentes (Salmon, 2009). Essa virada, ainda que mais pronunciadamente acolhida em domínios como a biologia e a física, não se apresenta ausente na química, embora sua manifestação neste campo se dê de forma ainda esparsa, fragmentária e, por vezes, sub-representação nos debates epistemológicos hegemônicos. Ocorre, assim, uma transição sutil, porém decisiva, de uma ontologia da permanência para uma ontologia da transformação, na qual os entes químicos deixam de ser compreendidos como unidades discretas e invariantes e passam a ser concebidos como entidades constituídas em e por meio de fluxos dinâmicos, continuamente atravessadas por processos de mudança, instabilidade e emergência.

Essa perspectiva, geralmente identificada como ontologia de processos, propõe um reordenamento profundo no modo como se estruturam os discursos sobre os fenômenos químicos, alargando o vocabulário conceitual de modo a abarcar realidades cuja natureza se revela fundamentalmente instável, relacional e contextualmente situada (Salmon, 2009; Stein, 2025). Essa ontologia remonta, em suas raízes mais profundas, à metafísica processual delineada por Alfred North Whitehead, cujo pensamento recusa a substancialização do ser e propõe, em seu lugar, uma concepção fluida da realidade como rede de ocasiões de experiência: unidades mínimas de vir-a-ser que integram o tecido ontológico do real (Whitehead, 1978 apud

Salmon, 2009). No campo da filosofia da química, essa matriz processual permite ressignificar conceitos basilares como reações químicas, propriedades emergentes e identidade molecular, conferindo-lhes densidade ontológica compatível com os desafios explanatórios impostos pelas práticas contemporâneas da ciência.

Tomando como exemplo as estruturas macromoleculares, como enzimas e proteínas, verifica-se que a abordagem substancialista, ao privilegiar uma noção estática de forma e função, torna-se insuficiente para capturar a complexidade das interações contextuais que constituem e reconstituem incessantemente tais entidades. Em oposição a essa limitação, os trabalhos de Stein (2006, 2025) e Guttinger (2021) bem como as contribuições mais recentes de Alassia (2023) apontam para uma compreensão relacional e processual dessas estruturas, cuja existência não se dá como presença isolável, mas como efeito estabilizado de redes dinâmicas de sinalização, conformação espacial e transformação bioquímica. Alassia (2023) ao examinar os receptores acoplados à proteína G, reforça essa posição ao demonstrar que tais sistemas são mais adequadamente concebidos como configurações transitórias de processos interativos, cujas propriedades emergem da própria instabilidade constitutiva do sistema.

O campo emergente da filosofia processual da química estrutura-se, em linhas gerais, a partir de dois eixos principais: (I) a reinterpretação crítica da noção de identidade química, especialmente em contextos onde entidades não se conformam à expectativa de estabilidade ou invariância (Córdoba et al., 2024) e (II) a reformulação dos mecanismos reacionais e das propriedades moleculares enquanto disposições relacionais, constituídas em contextos específicos de interação e transformação (Stein, 2025). Esses dois eixos convergem na tentativa de construir uma metafísica da química que não apenas descreva, mas compreenda os fenômenos químicos como processos dotados de inteligibilidade própria, ainda que marcados por contingência histórica e complexidade ontológica.

Dessa forma, como encontramos em nossa pesquisa, os objetivos dessa abordagem ontológica não se limitam à reinterpretação de casos-limite, mas almejam a constituição de uma estrutura conceitual capaz de integrar avanços contemporâneos da biologia molecular, da nanotecnologia e da química de sistemas, oferecendo uma linguagem mais adequada para os fenômenos que desafiam os paradigmas substancialistas clássicos. A ontologia de processos, nesse sentido, instaura-se uma ferramenta, especialmente ao articular-se com categorias como emergência, irreversibilidade, contexto e complexidade, cujo poder explicativo supera os constrangimentos do reducionismo mecanicista e do empirismo descritivo.

Como aponta Salmon (2009), a aplicação sistemática da linguagem processual aos fenômenos químicos irreversíveis não apenas redefine os contornos do discurso filosófico, mas sinaliza para a possibilidade de estabilização de uma nova metafísica - mais condizente com a natureza dinâmica dos objetos químicos e com as exigências epistêmicas da prática científica contemporânea. Nessa direção, a filosofia dos processos não se propõe a substituir a ontologia substancialista, mas a complementá-la e, sobretudo, ampliá-la, oferecendo à filosofia da química os instrumentos necessários para afirmar-se como campo teórico autônomo, ontologicamente complexo e epistemologicamente fecundo.

3.2.2.2.1 Organização, Sistemas e Complexidade

A transição de um paradigma ontológico centrado na substância para uma perspectiva fundada na processualidade configura, no âmbito da filosofia da ciência contemporânea, uma inflexão de grande envergadura teórica. Esta transição não se efetiva mediante a simples substituição de categorias metafísicas, mas implica uma transformação no próprio regime de inteligibilidade que sustenta a produção do conhecimento. Abandona-se, nesse movimento, a concepção de entidades fixas, dotadas de propriedades essenciais e intrínsecas, em favor de uma ontologia modulada por fluxos, relações e configurações dinâmicas. Nos textos analisados, esta reconfiguração não se apresenta como uma tese metafísica formulada de maneira explícita, mas emerge na tessitura mesma dos discursos científico, sobretudo na forma como tematizam a irreduzibilidade das formas materiais, a contingência constitutiva dos sistemas e a recursividade imanente aos processos de organização.

O processo deixa de ser concebido como efeito de causalidades externas ou resultado de uma ordem pré-estabelecida, e passa a ser pensado como instância constitutiva, um modo próprio pelo qual o sistema engendra a si mesmo mediante interações internas, não-lineares e historicamente situadas. Esta concepção implica a recusa da causalidade linear clássica e uma aproximação a modelos circulares, retroalimentados e autorreferenciais. Conforme argumenta Vančík (2003, 2023) a leitura de transformações de complexidade como transições de fase desloca o entendimento da mudança como passagem entre estados previamente definidos para uma concepção na qual a transição se configura como emergência de regimes de organização inéditos, irreduzíveis às condições iniciais. Esta inflexão requer, portanto, uma ontologia aberta, segundo a qual o vir-a-ser não constitui um acidente externo ao ser, mas sua própria constituição dinâmica.

Salmon (2009), ao evocar a distinção entre energia radial e energia tangencial na leitura de Teilhard de Chardin, propõe uma concepção da materialidade como interioridade intensiva. Nesse modelo, as dimensões interna e externa dos processos materiais não se opõem, mas integram-se em um contínuo evolutivo, onde a matéria, em vez de ser substrato passivo, aparece como vetor de historicidade e transformação imanente.

Esse deslocamento ontológico se intensifica nas críticas formuladas por Haag & Kaupenjohann (2000) à modelização de sistemas complexos por equações fixas. A constatação de que tais sistemas, abertos, auto-modificáveis e dotados de memória histórica, resistem à formalização clássica aponta para um impasse teórico que é, antes de tudo, ontológico: a realidade, quando concebida como campo de auto-organização e contingência, não se deixa capturar por representações estáticas.

Esta abertura ontológica é também tematizada por Tontini (1999), que problematiza os limites da investigação racional diante da complexidade constitutiva da matéria. A afirmação de que a organização material responde a princípios internos, e não à imposição de formas exteriores arbitrárias, configura uma ontologia de resistência ao formalismo reducionista. A matéria, nesse contexto, não é concebida como massa indiferenciada, passível de manipulação exógena, mas como campo de virtualidades determinadas por dinâmicas imanentes.

Nesse mesmo horizonte, Earley (2004) evidencia a insuficiência do paradigma mecanicista clássico para dar conta da complexidade relacional que marca os sistemas químicos e biológicos contemporâneos. A causalidade local, centrada em partículas discretas em colisão, cede lugar à análise de redes dinâmicas de interação, nas quais os elementos não são pré-definidos, mas emergem da própria estrutura relacional que os constitui.

3.2.2.2 Relação e Contexto

Na ontologia de processos, a concepção tradicional de identidade enquanto atributo fixo, substancial e autônomo é radicalmente deslocada em favor de uma perspectiva na qual o ser se constitui por meio de relações dinâmicas e fluxos contínuos. A identidade, assim, não figura mais como uma propriedade intrínseca e isolada do ente, mas emerge como configuração contingente e dependente dos contextos em que a entidade se insere e se manifesta.

O aporte teórico de Córdoba et al. (2024) destaca essa emergência de uma identidade contextualizada, situando o ser em um limiar entre o individual e a substância, e

problematizando a solidez do conceito clássico de entidade autônoma. Ontologicamente, tal posicionamento implica que o existir dos entes processuais está necessariamente vinculado à trama de configurações contextuais que lhes conferem forma e definição, revelando que o ser não pode ser concebido fora de uma rede relacional e situacional de múltiplas determinações.

De forma complementar, González et al. (2019) , ao refletirem sobre o teorema de Kochen–Specker, evidenciam uma característica estrutural da realidade processual: a impossibilidade ontológica de se atribuir propriedades definidas de maneira não contextualizada. Esse resultado não apenas corrobora a dependência do ser em relação ao contexto, mas a enuncia como limitação ontológica fundamental. O tradicional postulado de propriedades preexistentes, independentes das situações de observação, cede lugar à compreensão de que as propriedades emergem e se articulam exclusivamente dentro de configurações contextuais específicas, reformulando a noção de ser e existência em termos de contingência e relacionalidade constitutiva.

Ademais, a teoria da emergência contextual, conforme delineada por Prentner (2017), reforça a centralidade do contexto enquanto elemento ontologicamente constitutivo da emergência. Nesta perspectiva, a emergência não se reduz a mero efeito epifenômico ou subordinado, mas configura-se como a geração efetiva de uma nova camada de realidade - dependente, mas irreduzível ao nível ontológico fundamental subjacente. A emergência somente pode ser compreendida na medida em que se estabelece um contexto estável, capaz de articular e integrar relações entre distintos níveis de descrição, permitindo a consolidação de propriedades e regularidades que, fora desse arranjo contextual, permaneceriam indeterminadas ou caóticas.

3.2.2.2.3 Causalidade e Dependência

A reflexão sobre causalidade, sob o prisma de uma ontologia centrada na processualidade, desloca-se da formulação clássica que a compreende como conexão entre eventos discretos e bem delimitados, em direção a uma problematização mais profunda do próprio ser como devir, disposição e constituição dinâmica. A análise proposta por Harré (2011) revela que as tradições teóricas oscilam entre uma concepção originada na filosofia de Aristóteles, que entende a causa como potência geradora de transformação, e outra, influenciada por Hume, que restringe a causalidade à constatação empírica de regularidades observáveis. Tal

divergência expressa uma ambivalência constitutiva do conceito: ora referido a forças produtoras, ora reduzido a correlações estatísticas, sem que se alcance uma definição unívoca de seu papel na estrutura do real.

A perspectiva das disposições, retomada por Chakravartty conforme citado em Gambini et al. (2015) propõe uma concepção segundo a qual causalidade se manifesta como capacidade relacional de atualização de comportamentos potenciais, desde que certas condições estejam satisfeitas. Este entendimento rompe com qualquer noção de substância imutável, dando lugar à compreensão dos entes como portadores de virtualidades em constante articulação. A ideia de que propriedades causais possam emergir do conjunto, influenciando o comportamento das partes sem que se possa reduzi-las a estas, reforça a compreensão de causalidade como relação dependente da totalidade e das configurações contextuais, tornando evidente seu caráter não linear e interdependente.

A contribuição de Ochiai (2017) agrega a essa discussão uma crítica ao acesso direto à estrutura causal do real, argumentando que tal estrutura permanece velada, sendo substituída, no âmbito do conhecimento, pela organização modal dos modelos utilizados pelas ciências. A causalidade, sob essa ótica, não se apresenta como elemento empírico bruto, imediatamente apreensível, mas como mediação teórica que organiza a experiência e dá forma à inteligibilidade dos fenômenos. Isso significa que seu estatuto não se encontra fora do campo da linguagem científica, mas é configurado pela articulação entre experimentação, construção conceitual e modos de representação.

A análise desenvolvida por Seifert (2024) aprofunda essa problematização ao tratar de processos que escapam à linearidade exigida por concepções tradicionais de causalidade, como ocorre nos chamados circuitos de retroalimentação. Esses processos desafiam modelos que pressupõem anterioridade temporal como critério necessário da relação causal, questionando as ideias correntes sobre direção, início e fim dos eventos. Em tal contexto, a causalidade assume a forma de um operador conceitual instável, que tensiona as próprias categorias de tempo, ação e constituição. Em vez de apresentar-se como conceito definitivo, ela emerge como campo de controvérsias ontológicas, no qual se disputa a própria significação do que se entende por processo e pela estrutura efetiva do real.

3.3 Os problemas da explicação Química

Trata-se aqui de um campo de problemáticas apresentado pelos autores da filosofia da química, seja diretamente em seus textos como categorias de análise, seja de forma estruturalmente vinculada ao núcleo de suas explicações. Essas problemáticas não se apresentam de maneira diretiva às discussões propostas, mas se manifestam de forma recorrente em diversos textos que realizam um escrutínio ontológico.

Destacamos que esta seção é particularmente relevante, em consonância com o caráter desta dissertação, pois busca demonstrar que os problemas da explicação química, isto é, as dificuldades no ensino de conceitos químicos, podem ser analisados sob um escrutínio ontológico adequado, possibilitando esclarecer, em potencial, os meandros e desafios envolvidos no ensino da química.

3.3.1 Idealidade e Polissemia

A investigação ontológica dos conceitos químicos evidencia que os conceitos fundamentais desse campo operam por meio de construções idealizadas e sentidos múltiplos (Earley, 2005; Laszlo, 2014). Termos como sal, molécula ou elemento não são redutíveis a definições unívocas ou referenciais imediatos, mas operam, conforme assevera Earley (2005), em registros teóricos, sensíveis e operacionais que os fazem transitar entre instâncias empíricas e idealizações conceituais.

Nesse sentido, o caso do sal, frequentemente referido na linguagem comum como algo presente na água do mar. Contudo, como destaca Earley (2005), essa assertiva é enganosa: o que se encontra em solução são íons hidratados de sódio e cloro, entidades que se diferenciam substancialmente da substância cristalina conhecida como cloreto de sódio. Esta constatação, evidencia o descompasso ontológico entre o objeto empírico e sua representação conceitual, introduzindo o problema da idealidade na construção dos conceitos químicos, isto é, a coexistência entre uma presença operatória e uma ausência fenomênica imediata.

Esse traço de ambiguidade conceitual não passou despercebido aos pensadores que se debruçaram sobre a lógica interna da linguagem da química. Paneth (1962;1931, apud Earley, 2005), ao investigar o conceito de elemento químico, identifica ao menos duas acepções distintas que coexistem na prática científica: uma, de natureza experimental, designando

substâncias que não podem ser decompostas por meios químicos ordinários; outra, de cunho teórico, referindo-se a entidades que subsistem nos compostos, embora desprovidas de propriedades diretamente observáveis.

Destacamos que esse fenômeno, ora manifestando-se sob a forma de uma dualidade semântica, constitui um traço estrutural da racionalidade química. Esta característica encontra correspondência na noção linguística de polissemia, entendida aqui como a confluência entre os múltiplos usos operatórios de um conceito e sua correspondente representação idealizada. Em última instância, o que se evidencia é uma divergência ontológica entre aquilo que é empiricamente observado e o que se estabelece como construção conceitual no interior do discurso químico.

A esse respeito, Earley (2005) amplia e aprofunda a análise ao demonstrar que essa multiplicidade de sentidos se reproduz em conceitos basilares como átomo, molécula e hidrogênio, cuja significação varia em função dos contextos teóricos e experimentais nos quais são mobilizados. Um átomo, por exemplo, pode ser concebido ora como unidade autônoma, ora como componente funcional de uma estrutura molecular cujas propriedades emergem apenas da interação entre múltiplos constituintes. De igual modo, a fórmula H_2O , ao representar uma molécula de água, condensa uma idealização que se distancia da complexidade empírica do estado líquido, no qual os agrupamentos moleculares (H_2O_n) formam estruturas dinâmicas em constante reconfiguração.

Essa variação semântica, que se expressa na polissemia dos conceitos, só é inteligível à luz de sua correlata idealidade, isto é, da operação teórica que reduz a complexidade do real a modelos manipuláveis. Conforme argumenta Laszlo (2014), a linguagem da química é essencialmente icônica e funcional, e suas representações, como as fórmulas estruturais, são construções simplificadas, dotadas de valor pragmático, mas não de correspondência plena com a materialidade que visam descrever.

O exemplo paradigmático da estrutura do benzeno evidencia esse aspecto: sua representação planar e simétrica, condensa propriedades ressonantes, eletrônicas e reativas, operando como modelo idealizado (Laszlo, 2014; Earley, 2005). A equivocidade inerente aos conceitos químicos pode ser instrumentalizada por leituras reducionistas, que ignoram as coerências emergentes das substâncias químicas enquanto sistemas dinâmicos (Earley, 2005).

Dessa forma, como asseveram Earley (2005), Paneth (2003) e Laszlo (2014), esta questão se expressa, em última instância, a condição ontológica de uma ciência cuja

inteligibilidade repousa tanto na observação empírica quanto nas mediações simbólicas, idealizações operatórias e múltiplas formas de dizer o mundo, formas estas que, ainda que não o apreendam em sua totalidade.

3.3.2 Dualidade e Circularidade dos conceitos

A questão da dualidade e da circularidade no interior dos conceitos químicos pode ser depreendida como exigência interpretativa a partir do campo problemático que se é investigado neste campo. Trata-se de uma construção que emerge do exame das tensões internas às definições e aos usos conceituais. Quando Vivas-Reyes (2024) examina a epistemologia da química quântica em diálogo com Kant, tomando a dualidade onda-partícula e o princípio da incerteza como referência, mostra-se que a própria inteligibilidade do conceito químico repousa em uma estrutura ambígua: ele é ao mesmo tempo entidade corpuscular e função ondulatória.

Esse traço revela não apenas a presença de uma dualidade constitutiva, mas igualmente um movimento circular entre a formulação matemática e a validação experimental. Padrão semelhante encontra-se na redefinição de especiação química proposta por Quiroz et al. (2024), que demonstram a insuficiência da definição estática de 2000, fundada em uma semântica empirista, para apreender a historicidade e a diversidade dos processos químicos. Nesse caso, a circularidade manifesta-se no vínculo recíproco entre as propriedades e funções que definem uma espécie e a própria determinação da espécie a partir dessas propriedades e funções, configurando um entrelaçamento ontológico incontornável.

O resultado é uma historicidade marcada pela tensão entre continuidade e ruptura, sempre sujeita a redefinição. No mesmo horizonte, Ghibaudi et al. (2024) evidenciam que a nova definição do mol desloca a unidade de quantidade de substância de um estatuto ontológico que mediava macro e micro para uma concepção estritamente numerária, ligada à contagem de unidades elementares.

A dualidade aqui se torna manifesta, pois a unidade ora figura como mediadora entre escalas, ora dissolve a referência à substância, reforçando o predomínio do microscópico. A circularidade aparece no fato de que, ao redefinir a prática metrológica, altera-se ao mesmo tempo a ontologia da própria substância química, que deixa de ser um dado empírico imediato para se tornar função dependente de convenções conceituais.

Scerri (2023), por sua vez, ao tratar da redução da química à física, da classificação periódica e da dupla natureza do elemento, apresenta o exemplo mais direto da dualidade: o elemento é simultaneamente indivíduo e universal, realidade empírica e estrutura classificatória. E, nesse mesmo movimento, revela-se a circularidade, pois a tabela periódica justifica-se pela definição dos elementos, ao passo que a definição dos elementos depende da própria estrutura periódica, impossibilitando a ruptura do círculo sem comprometer a inteligibilidade química.

3.3.3 Aproximações, similaridade e representação

A discussão acerca de aproximações, similaridade e representação na filosofia da química não aparece apresentada como categoria unificada nos textos examinados, mas pode ser reconstruída como exigência interpretativa a partir do campo problemático que delineiam. Trata-se de uma questão que emerge da análise dos limites da explicação química diante da mecânica quântica. Nesse horizonte, Ochiai (2017) indica que forma e estrutura molecular não constituem atributos imanentes da realidade, mas resultam da contribuição do sujeito, de modo que a representação da molécula assume caráter epistêmico, vinculado ao acesso fenomenal e não à causalidade subjacente do sistema.

González et al. (2019) avançam ao destacar que a mecânica quântica não fornece condições para pensar partículas como entidades individuais persistentes no tempo, o que inviabiliza a derivação direta de uma estrutura molecular definida sem recorrer a aproximações adicionais. (Lombardi & Castagnino, 2010) aprofundam o argumento ao mostrar que tais aproximações, como o limite de massa infinita implicado na aproximação Born-Oppenheimer, não constituem recursos meramente técnicos, mas introduzem compromissos ontológicos e pressupostos interpretativos no interior da própria física.

Sukumar (2013) reforça essa perspectiva ao demonstrar que a separação entre movimentos nucleares e eletrônicos, embora amplamente praticada, não é essencial nem universalmente válida, o que conduz à necessidade de repensar modelos tradicionais de estrutura molecular em direção a concepções dinâmicas e contextuais.

As aproximações, assim, cumprem papel indispensável na prática científica, mas expõem a distância entre a estrutura representada e a ontologia subjacente, instaurando uma problemática de similaridade entre modelo e realidade. Tanto em Ochiai (2017) quanto em González et al. (

2019) evidencia-se que a estrutura molecular não pode ser deduzida diretamente do formalismo quântico, sendo construída sob condições de representação que incorporam elementos externos à teoria. Esse quadro indica que leis e teorias químicas não derivam linearmente da física, mas se formam a partir de mediações conceituais e ontológicas.

Nesse mesmo sentido, Lombardi & Castagnino (2010) e Sukumar (2009) ressaltam que a transmissão dos conceitos fundamentais da química - como estrutura molecular, quiralidade e ligações - exige reconhecê-los como representações que dependem de aproximações, cujos alcances são contextuais e provisórios. O resultado é a abertura de um horizonte ontológico em que a química se apresenta como ciência cujas explicações não refletem imediatamente a realidade, mas se organizam em torno de modelos, interpretações e recursos técnicos que, embora operacionais, permanecem carregados de tensões conceituais e ontológicas.

3.3.4 Modelos e Estruturas

A discussão sobre modelos e estruturas na filosofia da química ocupa um lugar central nas investigações ontológicas contemporâneas, à medida que evidencia o caráter profundamente mediado, plural e, por vezes, incompatível das representações científicas no domínio químico. Longe de constituírem meros instrumentos epistêmicos, os modelos revelam uma ontologia específica da química, marcada por uma multiplicidade de formas de ser e de se representar os fenômenos materiais. Essa problemática não é apenas teórica, mas possui efeitos diretos sobre a construção de leis e teorias, sobre os modos de explicação científica e sobre o ensino da própria disciplina.

Encontramos em Schummer (2014) uma linha argumentativa que afirma que, diferentemente da física, a química não opera por meio de leis universais, embora seja focalizada em modelos de representação. Também, o autor destaca a inexistência de leis abrangentes em ramos como a química orgânica ou bioquímica, o que revela uma estrutura ontológica da disciplina voltada para a localidade, a limitação e a aplicabilidade situada de seus conceitos. O modelo químico não busca uma totalização, mas uma funcionalidade específica (Accorinti, 2019; Schummer, 2014). A ontologia aqui implicada é aquela de estruturas parciais, de entidades cuja existência e propriedades se manifestam apenas dentro de certos regimes de aproximação e de determinadas técnicas de produção de dados.

Esta questão desvela uma problemática estrutural, uma incompatibilidade entre representações no discurso químico. A exemplo, (Accorinti & González, 2024) apontam para uma incompatibilidade entre modelos de representação. Os autores destacam que existe uma redução entre o que é a natureza do fenômeno e como ele é interpretado através do seu processo de modelação.

O problema surge porque a eletronegatividade (EN) não pode ser medida diretamente. De fato, a única maneira de medi-la é por meio de diferentes propriedades que podem, essas sim, ser medidas diretamente, como a entalpia, as energias de ionização ou as afinidades eletrônicas. O que é particularmente problemático nesse caso, na química quântica, é que os diferentes modelos utilizados para descrever e quantificar a EN são incompatíveis, mas, de certo modo, equivalentes, pois todos resultam na mesma escala de eletronegatividade. (Accorinti e González, p.5, 2024 – tradução nossa).

Nota-se aqui a descrição de uma mesma entidade, formalizada em diferentes conceitos e modos de representação, que deriva-se de pressupostos ontológicos distintos (Accorinti & González, 2024).

Estas divergências no estatuto ontológico da química também são tematizadas por Accorinti (2019), que propõe uma reconceitualização da noção de representação, incorporando o papel constitutivo das técnicas experimentais na construção do poder representacional dos modelos. Ocorre uma defesa uma coexistência de entre os modelos de representação, embora produzam sentidos diferentes do mesmo referente, o que requer uma concepção dinâmica da relação entre modelo e realidade Bengoetxea et al. (2014)

Nesse contexto, a formulação apresentada por Bengoetxea et al. (2014) revela-se particularmente elucidativa, ao destacar que a representação científica se dá por meio de semelhanças estruturadas entre modelos e o mundo, mediadas por processos de denotação, demonstração e interpretação.

As leis, neste cenário, não têm o estatuto ontológico de enunciados universais, mas funcionam como esquemas gerais que orientam a construção de modelos mais específicos. Esse descentramento ontológico do conceito de lei reforça a ideia de que a química não se estrutura sobre entidades fixas, mas sobre processos contínuos de modelização (Bengoetxea et al., 2014; Schummer, 2014) cujas condições de aplicação variam segundo os contextos empíricos e teóricos envolvidos.

A perspectiva de Weinstein (2016) contribui para esse panorama ao apresentar o modelo da verdade emergente, que compreende a estabilidade teórica, como a da Tabela Periódica, como fruto da progressiva articulação de conjuntos de modelos ao longo do tempo. A ontologia aqui não é a de uma verdade absoluta e atemporal, mas a de uma verdade histórica, construída no entrelaçamento de múltiplas camadas de modelagem que vão se sedimentando como estruturas de inteligibilidade e orientação prática.

A proposta de Gilead (2019) introduz uma inflexão ontológica significativa ao considerar que os modelos científicos não se limitam a representar atualidades empíricas, mas exprimem relações entre possibilidades puras, cujas articulações precedem e fundamentam a emergência dos fenômenos observáveis. Nessa perspectiva, os modelos não derivam sua validade de uma correspondência com o real empírico, mas da capacidade de explorar campos possíveis de realização, concebidos como estruturas ontológicas prévias à própria empiria (Gilead, 2019). Essa concepção encontra ressonância na análise de Accorinti (2019), para quem os modelos químicos, mesmo quando formalmente incompatíveis, podem ser simultaneamente representativos por produzirem convergência funcional a partir de diferentes pressupostos.

No âmbito da educação química, Taber (2020) chama atenção para o modo como os modelos didáticos são frequentemente apresentados como versões simplificadas de uma suposta verdade científica estabilizada, quando, na realidade, carregam uma ontologia instável, atravessada por disputas históricas e variações conceituais mesmo entre especialistas. Conceitos como acidez, estrutura atômica ou orbitais são tratados nos materiais escolares como entidades fixas e descritivas da realidade, desconsiderando sua natureza construída e interpretativa.

Taber (2020) enfatiza que essa operação pedagógica tende a reificar modelos contingentes como se fossem representações diretas do real, obscurecendo a complexidade dos debates ontológicos subjacentes às práticas científicas. Essa crítica converge com a análise de Causá et al. (2014) para quem a explicação em química não se reduz à busca por leis universais ou à unificação sob paradigmas físicos, mas emerge de processos históricos locais e de construções conceituais autônomas. Os modelos desenvolvidos no século XIX, como os da cinética química ou da lei da ação das massas, exemplificam como a química construiu formalizações teóricas independentes, sem depender da física para sua legitimidade ontológica.

Assim, a discussão sobre modelos e estruturas na química não pode ser reduzida a uma questão epistemológica de representação, mas deve ser situada no plano ontológico mais profundo, no qual as entidades químicas, suas propriedades e comportamentos não existem

independentemente dos modelos, mas emergem no interior das práticas teóricas, experimentais e técnicas que as tornam visíveis, manipuláveis e inteligíveis.

3.4 Síntese do Capítulo

Este capítulo objetivou sistematizar os principais eixos em torno dos quais se cristalizam as investigações ontológicas no interior da Filosofia da Química. A análise do campo permitiu identificar três núcleos estruturantes que percorrem de modo recorrente a literatura especializada: a mereologia enquanto gramática do discurso químico, a natureza dos entes químicos e os problemas inerentes à explicação química. Esses eixos não se apresentam de forma isolada, mas se articulam de maneira contínua, configurando um espaço de tensões conceituais que define o horizonte ontológico da química contemporânea.

O primeiro eixo refere-se à mereologia, compreendida como o conjunto de pressupostos que regulam as relações entre partes e todo no discurso químico. Neste domínio, destacam-se as disputas entre reducionismo e emergentismo. Abordagens reducionistas sustentam que os fenômenos químicos podem ser integralmente explicados a partir de níveis microestruturais considerados mais fundamentais. Em oposição, perspectivas emergentistas defendem que propriedades e comportamentos químicos não são dedutíveis de forma exaustiva a partir desses níveis, demandando a consideração de novos regimes ontológicos. A tensão entre essas posições estrutura o modo como níveis de organização, dependência e autonomia conceitual são compreendidos na química.

O segundo eixo concerne à natureza dos entes químicos, com foco no estatuto ontológico das substâncias. As investigações analisadas evidenciam um embate persistente entre conceber a química como uma ciência de substâncias relativamente constantes e estáveis ou como uma ciência orientada fundamentalmente a processos, transformações e relações dinâmicas. Este tensionamento perpassa discussões sobre *stuff*, tipos químicos, essencialismo e microestruturalismo, revelando que a identidade química não se fixa em um critério ontológico único, mas oscila entre permanência e transformação. Trata-se de um campo marcado por uma instabilidade conceitual constitutiva, no qual substância e processo coexistem como polos analíticos em permanente negociação.

O terceiro eixo concentra-se nos problemas da explicação química, especialmente aqueles relacionados à natureza e ao funcionamento dos conceitos. Neste âmbito, destacam-se questões relativas à idealidade e à polissemia conceitual, indicando que os conceitos químicos

não operam como representações unívocas da realidade, mas como construções idealizadas, dependentes de contexto e finalidade explicativa. Associam-se a isso as discussões sobre a dualidade e a circularidade dos conceitos, nos quais os mesmos termos assumem funções simultaneamente descritivas, explanatórias e normativas. As problematizações acerca de aproximações, similaridade e representação reforçam o caráter não literal da relação entre conceitos e mundo, enquanto os debates sobre modelos e estruturas evidenciam o papel mediador dessas entidades na produção de inteligibilidade química.

Desse modo, o capítulo demonstrou que a ontologia na Filosofia da Química se organiza em torno desses três eixos fundamentais, cuja articulação sustenta as principais disputas conceituais do campo. Estas investigações explicitam a pluralidade ontológica e a instabilidade conceitual que caracterizam a química, estabelecendo o quadro teórico necessário para que o capítulo subsequente examine as implicações epistemológicas, pedagógicas e curriculares dessas estruturas ontológicas.

CAPÍTULO 4: Educação Química a partir dos Fundamentos Químicos

No primeiro capítulo procede-se ao mapeamento das investigações dedicadas ao estudo dos conceitos na educação química, com o propósito de sistematizar esse campo e identificar os eixos predominantes de problematização conceitual. A análise evidencia, de modo paradoxal, que a incorporação de um horizonte filosófico capaz de sustentar teoricamente a pesquisa em ensino de conceitos químicos permanece incipiente, prevalecendo abordagens voltadas à eficácia transmissiva.

O segundo capítulo introduz a ontologia como instrumento de escrutínio filosófico orientado à investigação dos conceitos. Delineiam-se as categorias fundamentais que estruturam essa abordagem, bem como os principais domínios de problematização conceitual nos quais questões de identidade, estrutura e transformação se tornam centrais. No terceiro capítulo, desloca-se o foco para a filosofia da química, examinando-se como o estudo dos conceitos é aí conduzido e evidenciando-se que a investigação ontológica constitui um eixo estruturante desse campo. Procede-se, então, à sistematização das principais tendências de análise ontológica e à explicitação dos tensionamentos que atravessam esse debate.

A partir desse percurso, tornam-se discerníveis algumas acepções fundamentais. A literatura em ensino de conceitos químicos privilegia a organização e a transmissão eficiente dos conteúdos, relegando a segundo plano a problematização de seus fundamentos. A ontologia apresenta-se como ferramenta decisiva para o exame crítico desses fundamentos. A filosofia da química, por sua vez, integra de modo consistente o escrutínio ontológico à análise dos conceitos que estruturam os conceitos químicos.

É nesse ponto que se estabelece o movimento propositivo do trabalho. Busca-se articular essas esferas em um mesmo quadro analítico, orientado à incorporação sistemática da reflexão ontológica no ensino de química. Trata-se de tensionar, em nível fundamental, a forma que os conceitos se organizam à prática pedagógica e a estrutura curricular.

No que concerne à articulação entre filosofia da química e educação, bem como entre filosofia da química e currículo, identificam-se iniciativas formativas que merecem consideração, na medida em que expressam um esforço sistemático de integração desses domínios. Ribeiro (2014) realizou um levantamento que identificou nove cursos dedicados a essa interface, nos quais se mobilizam perspectivas críticas, históricas, sociais e filosóficas do discurso químico. A investigação aqui desenvolvida amplia esse quadro, ao localizar doze cursos²⁷ em funcionamento, evidenciando a ampliação progressiva desse campo ao longo do

²⁷ **Philosophy of Chemistry** por Rein Vihalemm na Universidade de Tartu/Espanha; **Philosophy of Science** por

tempo. Trata-se de um dado identificado na revista HYLE, no qual a equipe editorial realizou a catalogação dos cursos de filosofia da química já fundados.

Entretanto, a análise qualitativa dessas iniciativas revela um descompasso significativo entre a expansão quantitativa dos cursos e a incorporação efetiva de um recorte ontológico como eixo estruturante. Entre os cursos identificados, apenas um explicita a ontologia como foco central de investigação no interior dessa articulação.

Trata-se do curso ministrado por Bernadette Bensaude Vincent na Universidade de Paris X, cuja proposta se orienta pela problematização conjunta de aspectos epistemológicos da química, de fundamentos ontológicos dos conceitos químicos e de dimensões antropológicas da prática científica. Essa singularidade reforça o diagnóstico de que, embora a integração entre filosofia da química e educação avance institucionalmente, a reflexão ontológica não parece inteiramente articulada.

De outra parte, reconhecemos também dois importantes editoriais que articulam a questão dos fundamentos ao ensino de Química. Destacamos, em 2012, a publicação de um editorial da revista *Science & Education*, considerado um dos primeiros marcos internacionais na integração dessa temática. Soma-se a esse movimento o editorial publicado em 2024 pela *Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química (ReSBEnQ)*. Observa-se, assim, que a problemática dos fundamentos já começa a apresentar sinais consistentes de manifestação nas investigações da área de Educação Química.

Todavia, esses editoriais assumem um caráter eminentemente diretivo, ao proporem uma articulação ampla entre filosofia da química e educação química como um todo, abrigoando contribuições de naturezas distintas no interior do vasto campo filosófico. Incluem-se aí a epistemologia, a história da ciência, a filosofia da ciência e outras questões de ordem filosófica. Embora essa diversidade represente um avanço importante, observa-se que a articulação de fundo ontológico permanece, em grande extensão, implícita e não tematizada. Embora não

Maureen Christie na Universidade de Melbourne/Austrália; **Philosophy of Chemistry** por Claus Jaboc na Universidade de Exeter/Reino Unido; **Introduction to the History and Philosophy of Chemistry** por Joachim Schummer na Universidade de Karlsruhe/Alemanha; **Philosophy of Chemistry** por Gerold Wunsch na Universidade de Hannover/Alemanha; **Creating Chemistry and Chemists: From Alchemy to the Buckyball** por Jody A. Roberts & Benjamin R. Cohen na Universidade e Instituto Politécnico da Virgínia/Estados Unidos da América; **Philosophy of Chemistry** por Alfred Nordmann na Universidade Técnica de Darmstadt/Alemanha; **Historic Evolution of the Principles of Chemistry** por Fernando Peral, Maria Dolores Troitino, Maria Cruz Izquierdo, Maria Angeles Plaza na Universidad Nacional de Educacion a Distancia/Espanha; **Philosophy of Chemistry** por Bernadette Bensaude-Vincent na Université Paris X/França; **History and Philosophy of Chemistry** por José Antonio Chamizo na Universidad Nacional Autónoma de México/México; **History and Philosophy of Chemistry** por Marcos Antônio Pinto Ribeiro na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/Brasil; **Human Civilization and Chemistry** por Yuqing Miao na University of Shanghai for Science and Technology/China.

formulada de maneira declarada, a leitura atenta dos trabalhos convocados por esses editoriais revela sinais recorrentes de uma problemática de ordem curricular e educacional subjacente.

Nesse cenário, emerge um trabalho particular, destacamos o intitulado *Problemas Ontológicos dos Conceitos Químicos: uma revisão bibliográfica*, que aborda essa questão (a estrutura ontológica dos conceitos) de forma mais direta e sistemática. Trata-se de uma incursão que, de maneira análoga à presente investigação, busca apontar para a necessidade de uma estrutura conceitual coesa, sustentada por uma agenda ontológica explícita, capaz de conferir maior inteligibilidade e rigor aos fundamentos da química em seu ensino e divulgação.

Doravante, neste trabalho, iniciamos igualmente a nossa contribuição para esse debate.

4.1 Resignificando projetos de pesquisas da Educação Química

O exame crítico da agenda de investigação da Educação Química demonstra que seus principais projetos de pesquisa operam a partir de compromissos ontológicos implícitos (de Vos et al., 1994; Ribeiro & Pereira, 2013). Esses compromissos, cristalizam-se em uma agenda que reverbera para os programas de pesquisa, aqui notamos: a formação do currículo, os programas baseados nas "grandes ideias da Química". Essas estruturas não configuram instrumentos neutros de organização pedagógica. Elas se apresentam, antes, como dispositivos que estabilizam e difundem concepções específicas sobre a natureza dos entes químicos, seus processos e suas relações.

Essa estabilização ontológica, ao permanecer não explicitada, consolida hierarquias explicativas e a reproduzir formas de reducionismo que moldam a inteligibilidade dos fenômenos químicos. Embora privilegiem certos níveis de descrição e representação em detrimento de outros, estes projetos acabam por minguar dimensões relacionais, contextuais, processuais e outras problematizações de ordem ontológica, que são constitutivas, filosoficamente, do próprio discurso químico.

Considerando essa análise, um tensionamento ontológico revela a necessidade de uma resignificação crítica desses projetos. A proposta não é negar sua importância histórica ou sua utilidade pedagógica. Trata-se de reconhecer que sua força estruturante no campo exige um exame filosófico rigoroso de seus fundamentos. Esta é uma condição necessária, embora não exclusivamente suficiente, para uma educação química que possa refletir criticamente sobre os próprios fundamentos conceituais que mobiliza.

4.1.1 Problematização da estrutura dominante do currículo de Química

Esta problematização fundamenta-se em uma pesquisa anterior conduzida por Van Berkel, cujo trabalho exaustivo estrutura e situa este debate com clareza. Encontra-se no livro, *The structure of school chemistry: A quest for conditions for escape*, a investigação de uma estrutura subjacente e universal do currículo de química.

Em seu projeto de investigação sobre a estrutura do currículo de química escolar, Van Berkel adotou uma abordagem metodológica que combinou análise teórica com pesquisa empírica, organizada em dois eixos principais.

O primeiro eixo visou testar a hipótese de uma estrutura coesa subjacente ao currículo tradicional. Para isso, o pesquisador recrutou uma amostra internacional de pesquisadores. A hipótese foi operacionalizada em dez declarações, utilizadas como instrumento para coletar comentários e críticas em um fórum internacional composto por pesquisadores e professores. As respostas obtidas foram analisadas à luz de um quadro teórico que integra a estrutura substantiva, filosófica e pedagógica proposta por Schwab, complementada pelos níveis de currículo definidos por Goodlad.

Conforme aponta Berkel²⁸ (2005), o currículo dominante em Química apresenta uma camada substantiva organizada sob orientação corpuscular, que privilegia átomos, moléculas e estrutura, com centralidade em estequiometria, fórmulas, tabela periódica e taxonomias, enquanto as condições de reação e as interfaces com outros domínios permanecem pouco explicitadas; uma camada filosófica marcada por cientificismo, positivismo e reducionismo, orientada pelo ideal de previsão e controle e pela reificação de modelos como fatos, sob hegemonia interpretativa da físico-química; e uma camada pedagógica configurada como treino em proposições e algoritmos com viés propedêutico universitário. Consideradas em conjunto, essas três instâncias acoplam-se rigidamente, produzindo um efeito de neutralização prática de reformas alternativas e preservando a arquitetura corpuscular e algorítmica como padrão organizador do ensino de Química.

²⁸ Berkel realiza este apontamento em livro, oriundo de pesquisa de doutorado. Aponta-se também outras contribuições do autor na área de currículo de química; ver (Vos et al., 1994; Berkel et al., 2000).

Conforme assevera Berkel (2005) delinea-se, no interior do currículo de Química, uma estrutura subjacente e hegemônica, de natureza invisível²⁹, cuja universalidade se impõe como princípio organizador do currículo escolar³⁰.

Com o propósito de cruzar esse entendimento com nosso diagnóstico anterior, formulado no capítulo um, percebemos que as aproximações entre a análise de Berkel (2005) e o referido diagnóstico são evidentes na identificação de uma negligência crítica acerca dos fundamentos da Química. Berkel (2005) descreve uma camada filosófica de caráter dogmático e positivista, que tende a tratar modelos como fatos consolidados, alinhando-se diretamente com os pontos que apontam para uma ausência de problematização sobre os fundamentos e para uma frágil integração de aportes filosóficos no ensino. Essa base epistemologicamente fragilizada sustenta o que o autor denomina camada pedagógica, orientada predominantemente ao treinamento algorítmico, convergindo com a constatação de que a literatura especializada privilegia conceitos dotados de carga empírica imediata, reforçando assim um viés técnico e propedêutico em detrimento de uma compreensão conceitual profunda e significativa.

O principal ponto de distanciamento e tensão entre os textos reside no papel conferido à Físico-Química. Enquanto Berkel (2005) afirma que essa subárea exerce uma hegemonia interpretativa sobre a organização curricular, o diagnóstico apresentado revela que ela constitui, paradoxalmente, a subárea menos estudada na literatura de Educação Química. Esse descompasso sugere que a Físico-Química opera como uma estrutura invisível, pois domina a arquitetura do currículo, conforme aponta Berkel (2005), mas permanece como um ponto cego para os investigadores da área. Adicionalmente, observa-se uma nuance entre a orientação de caráter corpuscular, centrada em átomos e moléculas, destacada por Berkel (2005), e a constatação do diagnóstico de que a pesquisa foca majoritariamente em conceitos de natureza estritamente empírica.

Nosso diagnóstico sugere que, embora a pesquisa em Educação Química busque fundamentação em teorias educacionais robustas, a estrutura de base corpuscular e algorítmica denunciada por Berkel (2005) permanece intacta. Isso indica que o foco predominante em aspectos psicológicos e pedagógicos pode não estar sendo suficiente para romper a arquitetura técnica tradicional da disciplina, o que confirma o efeito de neutralização das propostas

²⁹ Berkel denomina de estrutura invisível porque se trata de um arranjo que organiza conteúdos, métodos e expectativas do ensino de Química sem ser tematizado, nomeado ou justificado nos documentos e nas práticas.

³⁰ Além do Berkel outros autores que focalizaram esforço em investigar a estrutura curricular do ensino de química chegaram em resultado análogo, ver Moradillo (2010); Lopes (1997); Schummer (2006); Ribeiro (2014).

reformistas alternativas mencionado pelo autor, como também a integração de aspectos ontológicos ao ensino.

Neste sentido, propomos articular estas problemáticas com os aportes da filosofia, em especial da filosofia da química, a fim de discutir caminhos teóricos e analíticos que possibilitem tensionar e, eventualmente, superar esse problema.

4.1.1.1 Relação e contexto como categorias centrais ante ao fisicalismo

Diante da presença hegemônica de uma leitura da química que reduz a ciência aos corpúsculos, bem como da tendência a conceber os processos de transformação das substâncias a partir de uma ciência outra, a resposta mais consistente a esse quadro reside na incorporação da lógica do discurso químico a um sistema argumentativo que considere, de modo contextualizado, seus entes no interior de um sistema de relações³¹.

De um modo diretamente ontológico, evidencia-se um desalinhamento de categorias, desse modo, concordamos com Ribeiro (2014): o currículo toma entidades químicas e suas representações por essências reificadas e estáveis, convertendo signos teóricos em coisas e, com isso, achatando a ontologia própria da Química, que, conforme delineado em capítulos anteriores, é relacional, condicional e processual. O resultado é um reducionismo ontológico que obscurece os fenômenos ao subordiná-los a corpúsculos, dissolvendo a dimensão de interdependências, contextos e trajetórias que confere inteligibilidade às transformações materiais.

Trata-se de um problema estrutural do currículo de química (Berkel, 2005), na medida em que se desarticulam a forma escolar do conhecimento e a natureza efetiva do objeto da disciplina. Esse descompasso compromete a mediação entre fenômeno e explicação, desalinha a passagem entre níveis de descrição e dificulta processos de ensino e aprendizagem orientados por modelos, critérios de identidade e mudança, e regras de possibilidade e realização dos processos reacionais.

Essa afirmação encontra respaldo na filosofia da química, que postula a relevância de demonstrar que a significação de um conceito químico constitui um processo de mediação

³¹ No que concerne à questão das relações e do contexto, esta temática configura-se como uma problemática muito relevante na lógica química (Bensaude-Vincent et al., 2023).

contextual (Córdoba et al., 2024; González et al., 2019). Trata-se de um processo de compreensão cuja estrutura se vincula de modo intrínseco a uma rede de relações que conferem sentido ao ente (Loux & Crisp, 2017; Strawson & Smith, 2019). O que difere da estrutura dominante que, inscrita na lógica de uma racionalidade reducionista, opera silenciosamente na reprodução de um pensamento que considera seus entes como substâncias em essência; estabilizadas e individuais.

Quando os achados em nosso primeiro capítulo indicam a ausência de problematização sistemática dos fundamentos dos conceitos químicos que sustentam o ensino e a naturalização dos conceitos como produtos prontos, ecoa-se a crítica a estrutura invisível: a escola maneja listas, mas não explicita a estrutura relacional que dá sentido aos conceitos, nem confronta as pressuposições ontológicas e epistemológicas que os sustentam (de Vos et al., 1994).

Essa convergência manifesta-se, de modo exemplar, no estatuto do par substância e reação. Para Vos et al., (1994), o conceito de substância, tomado como referência para definir reação, apresenta alta especificidade ao recortar substâncias puras e depende de uma taxonomia de propriedades físico-químicas; por sua vez, a definição de reação exige distinguir substâncias, fechando um circuito de pressuposições frequentemente implícitas nos manuais.

Nossos dados mostram que esse circuito raramente é tematizado como problema ontológico. Privilegia-se o manejo propriedades sem interrogar a diferença como operador conceitual, elemento que garante a pluralidade da estrutura do real (Deleuze et al., 2021; Heidegger & Cavalcante, 2015), que opera como critério de delimitação de cada ente, constituindo uma ferramenta ontológica que reduz a ocorrência de erros conceituais.

Convém assinalar que diferença e relação constituem categorias próprias do exame ontológico, conforme demonstrado no segundo capítulo desta investigação. Acrescente-se que estas categorias figuram igualmente como operadores decisivos na inteligibilidade dos conceitos, tal como argumentado por Bensaude-Vincent (2023).

Convergimos em afirmar a impossibilidade ontológica de se atribuir propriedades definidas de maneira não contextualizada (Córdoba et al., 2024), problematizando, de forma crítica, a solidez do conceito clássico de entidade autônoma. Tratar conceitos contextuais como essências fixas produz, assim, uma dificuldade ontológica e explicativa, na medida em que desconsidera as condições relacionais e situacionais que lhes conferem sentido.

4.1.1.2 Centralidade e marginalidade da Química teórica

É possível situar a gênese da química teórica em um terreno historicamente tensionado pela hegemonia do modelo físico de teoria científica (Lewowicz & Lombardi, 2013; Rocke, 2013). Nesse processo, a química do século XIX teria carecido de fundamentos teóricos próprios e consolidados até sua progressiva fusão com a física (Rocke, 2013). Sob este enquadramento, os modos próprios de construção do conhecimento químico se configuram como um campo de embate epistemológico, no qual a consolidação da química teórica ocorreu sob a pressão de uma metafísica científica ocidental fortemente orientada pelos cânones da física (Lewowicz & Lombardi, 2013).

O que consta no núcleo da teoria química é um conjunto de conceitos cuja legitimação encontra suas raízes na física, o que conduz à constituição da grande área denominada físico-química, tomada como fonte de derivação de alguns dos mais importantes modelos teóricos da química (Zerecero, 2020).

Apontamos que, embora as derivações físico-químicas desempenhem papel expressivo na estrutura conceitual da química, paradoxalmente não se observa um número significativo de estudos e reflexões sistemáticas dirigidas a esses elementos (Ribeiro, 2014), configurando a físico-química, ao mesmo tempo, como uma área central e marginalizada no campo químico³².

Essa problemática estende-se igualmente às pesquisas e às práticas formativas e, como identificado no primeiro capítulo no âmbito da educação básica, evidencia-se que, conforme aponta Berkel (2005), o problema não reside apenas nos conteúdos explícitos, mas no panorama epistemológico que, de maneira invisível, estrutura o currículo da educação química.

Trata-se de uma assimetria entre o empírico observacional e o teórico abstrato. Se muitos dos conceitos nucleares da Química derivam de formalizações termodinâmicas, cinéticas e estruturais, como observa Psarros (2001), a redução do espaço da Físico-Química, no currículo, formação e na pesquisa em química revela-se como uma ausência de problematização dos fundamentos, o que envolve, de modo inevitável, um diálogo constante

³² É importante notar que essa lacuna tem sido explicitamente denunciada no âmbito da filosofia da química, como se observa, por exemplo, em Lombardi e Labarca (2005), González et al. (2019), Drago (2020) e Needham (2006).

com a físico-química, na medida em que conceitos fundantes e essenciais³³ ao discurso químico têm, em grande parte, sua origem nesse campo (Atkins, 1999).

Embora o discurso químico não possa ser reduzido à física (Lombardi & Labarca, 2005), ele recorre a conceitos incompatíveis com o contexto da mecânica quântica (Arriaga et al., 2019), o que inviabiliza uma redução plena, como pretendido pela física. Nessa perspectiva, as partículas não possuem identidade individual nem estabilidade ontológica (González et al., 2019). Quando estas questões não são problematizadas, consolida-se um entendimento científico fragmentado, que tende a reduzir, de modo simplificador, os fundamentos da química à mecânica quântica.

O resultado manifesta-se no currículo de Química como a cristalização de uma estrutura epistemológica assimétrica e pouco problematizada. Trata-se de uma limitação de grande gravidade, na medida em que muitos conceitos químicos se situam em diferentes planos epistemológicos (Santos, 2024) e derivam de matrizes ontológicas distintas (Hendry, 2012; Ludwig & Ruphy, 2024; Ribeiro & Pereira, 2013).

4.1.1.3 Foco na dimensão Pedagógica e Psicológica e marginalidade dos fundamentos

Adicionalmente, a forte ancoragem de pesquisas e intervenções em referenciais da Psicologia e da Pedagogia, confirmada pelo levantamento no primeiro capítulo, produz efeitos ambíguos à luz desses estudos. Por um lado, qualifica a compreensão de processos de aprendizagem; por outro, quando é exclusiva³⁴, desloca o foco da problemática do objeto (estatuto dos entes químicos, natureza das explicações, função dos modelos), para a outra dimensão.

Nesse ponto, a crítica a estrutura ausente e a identificação de fundamentos filosóficos implícitos no currículo tornam-se decisivas: sem integrar categorias filosóficas ao centro da reflexão curricular, confunde-se foco metodológico com elucidação conceitual, mantendo

³³ Conforme apontado em capítulos anteriores, destacam-se, entre esses conceitos, a estrutura atômica, o orbital molecular e a ligação química.

³⁴ Esta observação não visa hierarquizar áreas do conhecimento nem afirmar a primazia exclusiva da problematização filosófica. Psicologia e Pedagogia são campos fundamentais para a compreensão dos processos de aprendizagem. O que se aponta é a ausência dessa problematização epistemológica e ontológica no material bibliográfico analisado.

relações entre conceitos como pano de fundo tácito e, por isso, opaco no plano pedagógico (De Vos; Van Berkel; Verdonk, 1994; Berkel, 2005).

Os dados referentes à frágil integração de aportes filosóficos, muitas vezes mobilizados de modo periférico, ilustrativo ou instrumental, completam o quadro com o triplo diagnóstico: ausência de estrutura relacional explícita, ossatura finalista e positivista do currículo e tensão não resolvida entre tradição conteudista e finalidades pedagógicas.

O entrelaçamento indica que a questão envolve conteúdo, modos de organização e, sobretudo, pressupostos ontológicos e epistemológicos do ensino. Em termos propositivos, os resultados apontam para a necessidade de explicitar relações entre conceitos, como objetos de ensino.

4.1.1.4 Ontologia pluralista como possível solução

O que se propõe é deslocar a fundação de uma estrutura conceitual, tradicionalmente derivada de um único centro, para um panorama constituído por múltiplas fundamentações. Esta proposição encontra ressonância na filosofia da química, que aponta para um horizonte conceitual marcado por um pluralismo ontológico (Ruthenberg & Mets, 2020).

Com base no pluralismo ontológico, afirma-se a autonomia do domínio químico frente à pretensa primazia explicativa da física (Lombardi & Labarca, 2005). Nessa perspectiva, a química configura-se como uma ciência com dinâmica própria, distinguindo-se da física não apenas por seus objetos, mas também por sua orientação epistemológica, na qual modelos e outras formas de abstração assumem papel central, em detrimento da formulação de leis universais estritas (Schummer, 2014).

No que concerne esta tematização de forma diretiva ao currículo e no ensino de química, está problemática fundamente em:

Sem assumir esse pluralismo constitutivo, descrevê-lo e delimitá-lo, torna-se difícil refletir sobre objetivos e conteúdos curriculares. Assim, se pretendemos aprimorar o ensino de química, faz-se necessário, primeiramente, assumir explicitamente esse pluralismo constitutivo; em seguida, mapeá-lo de modo a identificar princípios orientadores: primeiro, para o pensamento (processos cognitivos); depois, para o currículo; e, por fim, para a prática pedagógica, de modo que esta se

aproxime, o máximo possível, do modo propriamente químico de operar e pensar (Ribeiro & Pereira, 2013, tradução nossa).

Desse modo, convergimos para uma possível solução, à maneira da estrutura reivindicada pela filosofia da química; reequilibrar a centralidade do empírico com mediação teórica e pedagógica, reintegrando a problematização ontológica dos fundamentos como eixo de inteligibilidade; e deslocar a filosofia do lugar periférico para o centro da arquitetura curricular. Assim, a Química escolar poderá abandonar a instabilidade registrada pelos dados e recuperar-se como conhecimento histórico, filosófico, contingente e reconstutivo, orientado à formação.

4.1.2 Resignificação do programa de pesquisa “grandes ideias da química”

Existe, no campo da educação química, um movimento de natureza pedagógica que busca reorganizar o conhecimento químico a partir de uma estruturação em torno das chamadas *grandes ideias da química* (Talanquer, 2016). Esta proposta parte do reconhecimento de que o ensino excessivamente fragmentado, centrado em conteúdos isolados, tende a obscurecer os princípios estruturantes que conferem inteligibilidade aos fenômenos químicos.

Essa conjuntura encontra-se, atualmente, cristalizada na forma de um programa de pesquisa consolidado, cujo reconhecimento institucional se expressa em publicações e documentos vinculados à IUPAC³⁵. Nesse enquadramento, as grandes ideias configuram-se como eixos conceituais fundamentais, capazes de articular distintos níveis de descrição, modelos explicativos e domínios epistemológicos da Química, oferecendo um referencial integrador para a organização curricular e para a prática pedagógica. Trata-se, simultaneamente, de uma indagação de natureza ontológica, pois interroga as ideias estruturantes: os fundamentos.

4.1.2.1 As grandes ideias como se apresentam na literatura

³⁵ Ver (Atkins, 1999).

Alguns autores³⁶ têm-se empenhado em explicitar uma estrutura de fundamentos que sustente a inteligibilidade da Química. Para adentrar com rigor filosófico a discussão acerca das grandes ideias, i.e, das ideias fundamentais, impõe-se um tipo de juízo que não dependa de estipulações contingentes do objeto, mas que possua validade necessária ancorada em condições de possibilidade do próprio ente. Vejamos no próximo quadro (Quadro 4) como esta ideia se estrutura na concepção de dois autores essenciais para a fundamentação do campo.

Quadro 4 – Grandes Ideias da Química

Autor	Elementos Centrais
Atkins	<ol style="list-style-type: none"> 1. A matéria é constituída por cerca de 100 elementos. 2. Os elementos são compostos por átomos. 3. A estrutura orbital dos átomos explica a periodicidade dos elementos. 4. As ligações químicas se formam quando elétrons se emparelham. 5. A forma é central para a função. 6. As moléculas se atraem e se repelem mutuamente. 7. A energia e matéria se dissipam. 8. As reações químicas enquadram-se em quatro tipos. 9. As velocidades das reações são sintetizadas por leis de velocidade.
Gillespie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Átomos, Moléculas e Íons: os blocos constituintes da matéria. 2. A Ligação Química: os átomos são mantidos unidos em moléculas e cristais por forças eletrostáticas. 3. Forma e Geometria Molecular: átomos e moléculas organizam-se em moléculas e cristais segundo arranjos geométricos bem definidos. 4. A Teoria Cinética: átomos e moléculas estão em movimento contínuo. 5. Energia e Entropia: a extensão com que transformações físicas e reações químicas ocorrem é controlada pelas variações associadas de energia e de entropia. 6. A Reação Química: átomos em moléculas e cristais podem ser rearranjados para formar novas moléculas e novos cristais.

Fonte: Autor, baseado em: (Atkins, 1999; Gillespie, 1997).

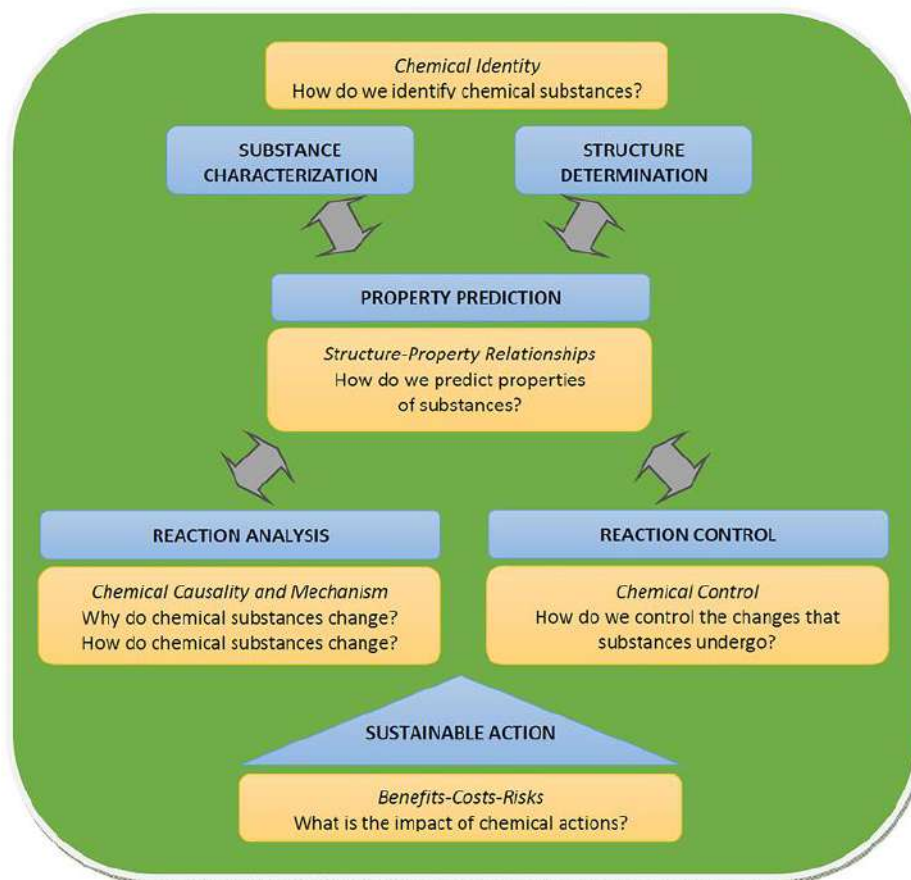
³⁶ Ver (Atkins, 1999; Berkel, 2005; Gillespie, 1997; Van Berkel et al., 2000)

Com base nesses autores, pode-se sustentar que as ideias centrais da química continuam operando sob uma lógica das partes que não considera, estruturalmente, as implicações mereológicas do todo, o que corrobora para uma concepção corpuscular e reducionista da explicação (Berkel, 2005). Além disso, observa-se que a estrutura permanece enraizada na incorporação, em seu núcleo conceitual, de entendimentos e categorias provenientes da física.

Esse movimento expressa a persistência de um imaginário reducionista, no qual a legitimidade teórica da química é frequentemente avaliada a partir de sua proximidade explicativa com estruturas físico-matemáticas consideradas mais fundamentais (Putnam, 1958; Dirac, 1997; Hendry, 2005; Scerri, 2005).

De outra perspectiva, ao analisar esse mesmo programa das grandes ideias da química, a presente investigação encontra ressonância no trabalho de Talanquer (2016), o qual, partindo das estruturas anteriormente propostas por Atkins (1999) e Gillespie (1997), elabora uma síntese orientada a contornar as limitações identificadas nesses modelos. Nesse sentido, o autor desloca o foco para uma problematização da lógica pedagógica que organiza o ensino introdutório de química, defende uma rearticulação dessas ideias de modo a explicitar os modos próprios de pensar, explicar e intervir que caracterizam a prática química.

Figura 6 - Ideias Centrais da Química



Fonte: Talanquer (2016).

A investigação mais recente delineia uma abordagem explicitamente não reducionista, ainda que ainda careça de uma problematização filosófica mais aprofundada dos fundamentos da química. Nela, as ideias centrais são organizadas em três grupos articulados (fundacionais, de mediação e contextuais), concebidos como orientadoras da prática química. Esse arranjo integra objetos próprios da química, modelos explicativos e um horizonte normativo-ético, conferindo unidade pragmática à atividade química.

4.1.2.2 Problematização ontológica como princípio organizador

De outra, movendo-se para nossa análise filosófica, convergimos para um conjunto de reflexões relativas às ideias nucleares sem as quais o entendimento químico se fragiliza, isto é, os invariantes que tornam possível interpretar e explicar os fenômenos em sua diversidade de modo a não recair em entendimentos fiscalistas.

A partir desse enquadramento, propomos considerar fundamentos químicos apenas aqueles conceitos, ou ideias, cuja presença é logicamente exigida pela própria definição de Química como condições internas de sua inteligibilidade. Em consequência, o ponto de partida formula-se na interrogação diretiva: o que é o fenômeno químico? Note este questionamento é de ordem ontológica, ele se desdobra imediatamente na pergunta correlata: que é a química?

A Química pode ser compreendida, em primeira aproximação, como a ciência das substâncias e de suas transformações, ocupando-se de caracterizá-las em sua individualidade ontológica e em seus modos de mudança. Distingue-se, nesse horizonte, da Física enquanto disciplina que privilegia descrições gerais da materialidade - extensão, massa, temperatura e grandezas correlatas - ainda que essas grandezas incidam igualmente sobre as substâncias. O olhar químico interroga um outro conjunto de propriedades; a maneira como um material se comporta diante de processos de transformação. Corrosividade, oxidabilidade, inflamabilidade e estabilidade, entre outras, não são atributos estáticos, mas índices de possibilidades de reação que articulam estrutura, composição e contexto de interação.

Desse recorte decorre que substância e reação não constituem apenas entradas lexicais do vocabulário escolar; configuram, antes, categorias de validade necessária para qualquer discussão ontológica rigorosa da Química. Neste sentido, concordamos com Berkel (2005) que aponta substância e reação como conceitos elementares do pensamento químico.

Cumpramos assinalar que, no núcleo da Química, operam dois entes de natureza ontológica distinta. A substância pode ser concebida como essência relativamente invariável (Neto, 2018), entendida como o conjunto de propriedades necessárias que individualizam um ente e lhe conferem identidade (Romero, 2017). Nesse registro, se uma substância do tipo Y possui a propriedade X como traço definidor, segue-se que toda instância de Y deve apresentar X, sob pena de não mais pertencer a essa mesma classe ontológica.

Em contraste, o conceito de reação possui estatuto processual. Seu foco recai sobre a transformação, isto é, sobre a passagem em que se alteram propriedades de um ente e se instituem novas determinações que autorizam reconhecer outro ente (Rescher, 1996). Enquanto a substância funda critérios de identidade e permanência, a reação explicita regimes de mudança e diferença. A inteligibilidade do domínio químico requer articular ambos: a substância como princípio de individuação e a reação como princípio de devir.

Dessa articulação entre identidade e devir emergem as grandes ideias da Química, no sentido de explicitar e sustentar o próprio empreendimento teórico que a constitui. Reconhece-

se a Química como fenômeno governado por interações eletromagnéticas (Atkins, 1999), o que fornece a cola ontológica que conecta os domínios de substância e de reação³⁷. Quando o quadro moderno passa a compreender a matéria e suas transformações à luz do eletromagnetismo, a energia torna-se simultaneamente princípio de identidade dos entes e princípio de transformação dos processos, abrangendo regimes de reação, transferência e reatividade.

Nessa chave, a determinação quantitativa de partículas elementares em estruturas eletrônicas e nucleares confere a invariância que individualiza elementos químicos; por sua vez, a dinâmica dessas cargas, seus rearranjos e redistribuições orbitais constituem o processo reacional que institui novas substâncias. Coordenam-se, assim, dois níveis de inteligibilidade: a fixidez estrutural necessária à individuação e a variabilidade processual requerida para a mudança. Dessa base decorrem, como desdobramentos conceituais, as noções de elemento, átomo e molécula, bem como a de processo químico e suas manifestações específicas em reação, reatividade e transferência.

Convém reiterar que o eletromagnetismo funciona, no horizonte aqui traçado, como critério de materialidade que ancora o discurso metafísico empreendido até este ponto. A partir dele justificam-se, em termos ontológicos, tanto a individuação dos entes químicos quanto os modos de sua transformação. Doravante, interessa explicitar como outras ideias fundamentais do pensamento químico se derivam dessa interação.

No que respeita à transformação das substâncias, isto é, à reação química, emergem critérios processuais que normatizam a ocorrência e a manifestação dos eventos reacionais. Nessa tessitura, as ideias de ligação e estrutura ocupam lugar central³⁸: traduzem, em modelos, o acoplamento eletromagnético entre núcleos e elétrons que minimiza a energia do conjunto, enquanto a ideia de estrutura designa a configuração geométrica correspondente a mínimos de energia, dos quais decorrem propriedades e padrões de reatividade.

Desse núcleo, desdobram-se consequências sistemáticas. A periodicidade eletrônica condiciona a variabilidade de padrões de ligação e, por extensão, a estrutura das substâncias; as relações entre estrutura e propriedade estabelecem mediações mereológicas entre níveis micro e macro, permitindo compreender por que certas propriedades emergem de determinados arranjos.

³⁷ A relevância dessa questão também pode ser investigada em Gillespie (1997) que postula: forças eletrostáticas são as únicas forças importantes na química.

³⁸ Ver (González et al., 2019; Sukumar, 2009).

Para além da configuração geométrica e das regras de acoplamento eletrônico, impõe-se um segundo eixo de manifestação das reações: a determinação das condições sob as quais uma transformação ocorre ou deixa de ocorrer. O problema desloca-se, então, da forma para a possibilidade, i.e, para a questão dos critérios que autorizam a passagem de um conjunto de substâncias a outro. Nesse horizonte, estabelece-se um critério processual de natureza energética que encontra sua linguagem na termodinâmica e sua fenomenologia temporal na cinética química.

Até esse ponto, identificamos e sistematizamos as ideias nucleares e suas implicações ontológicas no campo do conhecimento químico. Para sintetizar essa discussão, apontamos que a compreensão do fenômeno químico é formada notadamente por identidade e transformação. Conforme discutimos até este ponto, concordamos com Atkins (1999) e Gillespie (1997) que lançam, no corolário dos fundamentos químicos os conceitos de átomos, íons e moléculas; reação química; ligação química; estrutura molecular; teórica cinética; energia e entropia. Trata-se aqui de uma convergência de conceitos, necessária, e estruturante do pensamento químico.

No processo histórico de derivação conceitual, novos termos foram sendo incorporados e rearticulados na tessitura da estrutura conceitual da Química, ampliando suas possibilidades explicativas e refinando seus critérios de individuação e transformação. Cumpre, neste ponto, sugerir uma via de ordenação ontológica desses conceitos, de modo a evidenciar dependências lógicas, níveis de determinação e regimes de emergência entre identidade, diferença e devir. Doravante, propomos delinear eixos organizadores para uma didática dos fundamentos químicos, capazes de articular, com coerência interna, os conceitos em uma tipologia.

4.2 Novas organizações teóricas na Educação Química

A química, enquanto disciplina científica, enfrenta dois problemas sistemáticos vinculados à fragilidade na problematização de seus próprios fundamentos conceituais. O primeiro consiste na ausência de uma reflexão categorial aprofundada sobre seus conceitos (Ribeiro, 2014), o que corresponde à falta de uma análise que explicita como conceitos distintos se assentam em matrizes ontológicas diversas e se manifestam como entes cognoscíveis de naturezas divergentes (Santos, 2024). O segundo problema, que em parte deriva do primeiro, é a confusão recorrente entre níveis de descrição (Psarros, 2001; Ruthenberg & Mets, 2020). Esta

dificuldade emerge da pluralidade de significados que um mesmo referente pode assumir, dependendo da escala, do contexto ou da teoria adotada, sem que essas camadas de sentido sejam devidamente discriminadas e articuladas.

No que tange ao primeiro problema levantado, a ausência de uma reflexão categorial manifesta-se na divergência entre os estatutos ontológicos dos quais cada conceito se origina³⁹. Observa-se, por exemplo, que o conceito de substância pura se refere a um ente material com identidade macroscópica, enquanto entropia corresponde a uma grandeza termodinâmica de sistemas. De modo análogo, reação química designa um processo de transformação, e ácido assume um papel funcional eminentemente contextual.

Esta falta de distinção sistemática resulta em uma confusão epistêmica que prejudica a química (Santos, 2024), uma vez que entidades, processos, propriedades e funções passam a ser tratados como equivalentes ou redutíveis entre si, o que dificulta sobremaneira a articulação coerente das teorias químicas.

A segunda problemática reside na questão da referência e dos níveis de descrição. Consideremos a afirmação existe água na água. A qual referente ela se dirige?⁴⁰ Refere-se à substância macroscópica, sensível, com suas propriedades de cor, fluidez e temperatura? Dirige-se à coleção de moléculas individuais de H₂O? Ou ao conjunto dinâmico de íons hidrônio e hidróxido em equilíbrio, solvatados em uma rede de ligações de hidrogênio? A afirmação, embora cotidiana, colapsa níveis de organização ontologicamente distintos, tratando-os como um único referente.

Este colapso conduz a erros categóricos, como a atribuição de propriedades emergentes do nível macroscópico a entidades do nível corpuscular, ou a suposição de que uma explicação em um nível esgota a realidade descrita em outro. Torna-se imperativo, portanto, não apenas diferenciar, mas sistematizar com rigor a distinção entre esses níveis de descrição, assegurando uma articulação conceitual clara e uma prática explicativa que respeite a natureza específica de cada plano da realidade química.

Doravante, propomos uma discussão articulada dessas duas perspectivas, sustentada por uma organização em níveis dos entes químicos e por uma tipologia dos conceitos químicos.

³⁹ Fundamenta em: (Chalmers, 2012; Paneth, 2003; Smith, 2004; Sukumar, 2009)

⁴⁰ Apontamos que esse mesmo exemplo da água foi objeto de uma problematização específica no trabalho *Why there's no salt in the sea* de Earley (2005). Encontra-se também esta mesma questão problematizada em: Chang (2012) e Riesmeier (2025).

4.2.1 Níveis de organização dos entes químicos e do Discurso da Química

Na arquitetura conceitual da Química escolar, como diagnosticada por Berkel (2005), persiste a focalização corpuscular que privilegia entes como elétrons, átomos, íons e, em um segundo patamar, moléculas e retículos, convertendo-os em estruturas explicativas quase exclusivas do currículo. Essa ênfase, embora heurística, tende a encobrir que a inteligibilidade dos fenômenos não se resolve no inventário das partes, mas exige considerar a maneira como essas partes se articulam em estruturas e processos, onde operam relações, restrições e condições de possibilidade que excedem o nível meramente partitivo.

A questão assume contornos propriamente mereológicos, no sentido de Harré e Llored (2011), ao colocar em foco os modos de composição que autorizam predicções em cada nível e que delimitam o que se pode ou não inferir a partir deles. Em termos rigorosos, trata-se de discriminar regras de trânsito entre níveis e de explicitar os critérios sob os quais propriedades e regularidades emergem da articulação parte-todo, evitando tanto extrapolações ilegítimas quanto reduções que dissolvem o sistema no agregado. Conforme apontado nos capítulos anteriores, a mereologia figura como um tema estabilizado na filosofia da Química, porém permanece pouco problematizada nas pesquisas sobre ensino de conceitos.

Propõe-se, doravante, uma ordenação em níveis de organização dos conceitos químicos, orientada pelas noções de emergência e reducionismo e pelo mapeamento explícito de dependências entre estrutura, processo e propriedade. A aposta é que essa articulação institui uma gramática de passagem entre descrições os diferentes níveis de organização, ao mesmo tempo em que confere unidade às explicações, favorecendo práticas de modelagem que tornem visíveis as condições de identidade, diferença e mudança.

Em termos didáticos, essa cartografia oferece resposta à tensão identificada anteriormente: em lugar de alçar o corpuscular à condição de fundamento único, integra-se a explicação química como trânsito regrado entre níveis, com critérios de legitimidade inferencial bem definidos e com a explicitação de limites e alcances de cada recorte. O resultado esperado é uma didática coesa dos conceitos, capaz de articular ligação e estrutura, viabilidade termodinâmica e acessibilidade cinética, periodicidade e propriedades emergentes, de modo a alinhar a forma escolar do conhecimento com a ontologia efetiva dos fenômenos químicos.

4.2.1.1 Nível corpuscular

No nível mais basal do discurso químico, tomam-se prótons, nêutrons e elétrons e a sua articulação estrutural em elementos, átomos e íons como o horizonte no qual irrompem problemas de identidade, composição e mudança. O critério de identidade elementar fixa-se pelo número atômico. Variar o número atômico não apenas altera propriedades, mas reconduz o ente a outra classe ontológica, isto é, dá origem a um novo elemento.

Assinala-se a centralidade dos prótons na determinação da identidade atômica, pois a variação em seu número altera o próprio elemento, enquanto alterações no número de nêutrons ou de elétrons não o descaracterizam como pertencente a uma mesma classe, essas alterações engendram isótopos e íons com conservação da identidade elementar.

Torna-se, assim, inteligível uma dupla estratificação de mudanças, com estatutos ontológicos distintos e bem demarcados: mudança de essência quando o número atômico varia, mudança de estado quando o número de nêutrons e elétrons variam. Cada estrato reabre questões próprias sobre o que se preserva, o que se transforma e sob quais condições a transformação altera o ente.

Em escala microestrutural, a identidade encontra-se atravessada pela indistinguibilidade eletrônica (Bano, 2023; Cairns, 2023). Os elétrons obedecem às regularidades e modos de ocupação presentes nos orbitais; a identidade deste nível não é encontrada de forma redutiva no número das entidades constituintes (Lombardi & Labarca, 2005), a identidade relevante é a configuração coletiva de ocupação e o padrão de estados. Segue-se a consequência ontológica: os constituintes não portam individualidade redutível, e a primazia recai sobre a estrutura de estados (González et al., 2019).

Esta questão referente a identidade dos entes químicos inicia em nível corpuscular, mas não se reduz a ele (Córdoba et al., 2024). Trata-se de uma questão que atravessa o discurso químico⁴¹. A exemplo, o conceito de elemento apresenta uma polissemia. Elemento pode designar a classe definida pelo número atômico; pode referir a estrutura molecular; pode significar a substância simples enquanto realização macroscópica, como o gás oxigênio ou cloro. Essas camadas não se reduzem sem perda conceitual. É necessário discriminar quando o termo carbono nomeia a classe cujo número atômico é seis, quando referencia substâncias como

⁴¹ Ver (Earley, 2005; Ochiai, 2017; Schummer, 2014; Sukumar, 2009).

grafite ou diamante e quando alude ao núcleo enquanto entidade nuclear. Está problemática constitui erro de categoria com efeitos didáticos e teóricos que atravessam o ensino e a pesquisa.

A fronteira entre identidade e mudança deve ser problematizada. A química deveria focalizar-se em conjuntos de propriedades estabilizados por organização e contexto (Córdoba et al., 2024; Prentner, 2017), mais do que com essências microestruturais imunes a variações ambientais. Note que, a passagem de átomo neutro a íon não cria novo elemento, mas reconfigura disposições contextuais. A identidade é determinada por arranjos de distribuição eletrônica, não por atribuições de carga tratadas como entidades pontuais localizadas.

A relação entre níveis exibe dependências ascendentes e descendentes. Átomo neutro, íon e elemento entendido como classe são estruturas conectadas por uma lógica mereológica; emergência e restrições entre níveis. O nível mais elementar constrange o espaço de possibilidades dos níveis superiores. Os níveis superiores, por sua vez, retroagem por meio de condições contextuais⁴². Encontra-se aqui exigência de uma teoria de dependência não reducionista, com leis que se relacionam com a estrutura emergente, em que superveniências e restrições coexistem sem colapso a um reducionismo físico.

Em síntese, essas discussões sustentam a química como uma ciência de sistemas de organização (Llored, 2010; Sukumar, 2013). Os corpúsculos fundam, mas é a forma de coesão nuclear e eletrônica, a forma estrutural e a forma contextual que instituem as entidades sobre as quais a química fala com propriedade, organizando critérios de identidade, diferença e transformação. Nessa confluência entre microestrutura, forma e contexto estabiliza-se o referente ontológico do discurso químico, esclarecendo as condições sob as quais o mesmo permanece e o outro emerge.

No campo do ensino, pode-se articular a explicitação rigorosa do que se transforma e do que se conserva, delimitando invariantes ontológicos e critérios de identidade mobilizados, ao mesmo tempo em que qualificam o estatuto representacional dos recursos empregados. Em seguida, convém articular mapas conceituais que cruzem microestrutura, forma e contexto, de modo a evidenciar dependências e restrições entre níveis. Com isso, o percurso formativo desloca-se do cálculo operacional para a investigação sistemática do que institui o ente químico no ensino, fortalecendo a discriminação entre realidade e modelos de representação.

⁴² Condições contextuais designam parâmetros macroscópicos e ambientais que incidem sobre o sistema, redefinindo o espaço de estados acessíveis, os equilíbrios possíveis e as trajetórias reacionais admissíveis.

4.2.1.2 Nível agregado: molecular e retículo cristalino

No nível de agregado desloca-se o foco de uma leitura fisicomatemática das partes para uma ontologia organizada por formas de coesão e por regularidades coletivas. Os critérios de identidade deixam de residir na configuração de corpúsculos como elétrons, prótons e nêutrons e na sua articulação em estruturas atômicas para instituir organizações cuja inteligibilidade depende de padrões de conectividade, periodicidade e simetria espacial (Causá et al., 2014; González et al., 2019).

A passagem do nível corpuscular ao nível agregado configura uma inflexão no foco ontológico e descritivo: abandona-se a consideração de centros atômicos isolados como unidades últimas de análise para tomar como núcleo explicativo a forma de organização em ligações, redes de coordenação e arranjos periódicos no espaço. É nessa organização coletiva que se instituem propriedades específicas dos materiais e se legitimam modos próprios de descrição e explicação na química.

Nota-se, no que tange a dependência inferior (nível corpuscular) configura-se também uma lógica estrutural. Entretanto nota-se que o referente ontológico do agregado se constitui na organização coletiva dessas estruturas inferiores (átomos) que estabilizam identidades, diferenças e transformações próprias desse nível. Inaugura-se um regime categorial específico com noções de conectividade, simetria e periodicidade que orientam modelos, modos de explicação e critérios de equivalência.

O critério diretivo é estrutural e configuracional. A soma de constituintes não funda a identidade. Quem a funda é a organização de ligações e simetrias que estabiliza disposições específicas. Nessa gramática as partes são melhor compreendidas como papéis estruturais cuja individuação é dependente do modelo e, ainda assim, operacionalmente eficiente.

Em termos diretivos, a dependência do corpuscular é necessária e insuficiente para a identidade agregada, as partes relevantes deste nível são funções estruturais e padrões e não apenas centros materiais, e a identidade é relacional e condicional às configurações de simetria e às condições externas como temperatura, pressão, campos e meio, o que evidencia que aqui a estrutura é um elemento ontológico primeiro e não simples efeito de constituintes.

4.2.1.3 Nível molar

No nível molar, compreendido como plano material da experiência sensível, a identidade deixa de ser especificada exclusivamente por conectividades locais ou por simetrias internas, passando a depender de configurações de fases, da composição dos constituintes e da proporção entre os entes que estabilizam um determinado ente.

A primeira camada dessa ontologia é estabelecida pela conexão necessária entre a identidade da substância macroscópica e sua composição microestrutural. Conforme argumenta Hendry (2012), o que define uma substância, mesmo no uso leigo, consiste em um ato de deferência à expertise científica, a qual identifica sua essência constitutiva. Desse modo, é por meio de um microestruturalismo que se constrói a ponte objetiva que ancora a realidade do nível molar na arquitetura do nível agregado, impedindo que este seja reduzido a uma categoria puramente subjetiva ou sensorial (Hendry, 2012).

Conforme notamos em nossa investigação, no âmbito da filosofia da química, é possível identificar autores que apontam para um estatuto ontológico da matéria não diretamente vinculado à essência, entendida como parte última, do ente, mas sim a um condicionamento histórico, linguístico ou contextual. A matéria perceptível constitui uma estrutura mereológica de partes menores (Sukumar, 2013), e nem sempre o que é observado referencia o que é essencialmente (Earley, 2005).

Nesse mesmo horizonte, DeLanda (2017) propõe que todas as entidades, dos átomos aos organismos, são mais adequadamente compreendidas como indivíduos históricos. Diferente de espécies eternas e imutáveis, tais indivíduos emergem mediante um processo concreto de síntese, podendo desintegrar-se e deixar de existir (DeLanda, 2017). Em referência ao trabalho de Earley (2005), observamos:

One philosopher of chemistry, for example, argues that there really is no salt in sea water, because when sodium chloride dissolves in water it becomes a collection of hydrated sodium and chloride ions. But he acknowledges that salt is present in brine in a virtual or potential way, in the sense that we can recover it by desiccation. (De Landa, 2017, p.6)

A realidade do nível molar, contudo, não se esgota em sua composição ou em sua história de formação; ela se atualiza por meio da ação e da função (Zerecero, 2020; Ochiai, 2024). Como assinala Ochiai (2024), as propriedades disposicionais dos níveis inferiores tornam-se reais no molar quando atualizadas em um contexto prático; o nível molar representa,

assim, o palco onde as potencialidades da matéria se manifestam como funções, e é por intermédio desse caráter funcional que cognoscemos e intervimos no mundo.

Em síntese, o nível molar constitui um estrato ontológico legítimo e indispensável para a compreensão da química. Ele é simultaneamente ancorado pelos níveis mereológicos inferiores, corpuscular e agregado, sendo atravessado por questões filosóficas de ordens distintas, tais como microestrutura, contexto e função.

4.2.2 Proposta tipológica dos conceitos químicos

A discussão precedente evidenciou que a química, enquanto campo de produção de inteligibilidade sobre a matéria e suas transformações, não opera sobre um único tipo de entidade nem sobre um único regime descritivo, mas sobre uma pluralidade de níveis ontológicos articulados por relações de dependência, restrição e emergência. Essa constatação repercute na filosofia do que conta como ente químico e na forma escolar do conhecimento, que, conforme observamos em nosso primeiro capítulo, tende a reduzir a explicação a descrições que não problematizam os fundamentos ontológicos da disciplina.

Conforme Berkel (2005), trata-se de uma ênfase localizada em elétrons, átomos, íons e moléculas, obscurecendo o papel de organizações agregadas, de estados de matéria e de condições de transformação que excedem o recorte partitivo e não adentram a problematização epistemológica dos conceitos.

A insistência em uma análise que não dialoga com os fundamentos dos conceitos químicos impõe ao ensino um horizonte reducionista no qual identidade e mudança são descritas como desdobramentos necessários da constituição corpuscular, desse modo, operando diferentes formas de reducionismo no ensino da disciplina (Oliveira & Gomes, 2021).

Desse modo, propõe-se mobilizar toda a problematização ontológica e o estudo dos fundamentos conceituais aqui apresentados, com o objetivo de organizar os conceitos químicos em uma tipologia que incorpore, de forma clara e estruturada, os tensionamentos ontológicos inerentes ao ensino da disciplina.

A tipologia resultante não hierarquiza por redução, mas mapeia dependências e limites de extrapolação entre planos, explicitando operadores de passagem e o estatuto representacional dos modelos mobilizados em cada nível. Desse modo, oferece-se um quadro para localizar cada conceito, determinar sua função explicativa e articulá-lo à prática pedagógica.

No intuito de estabelecer os níveis de organização dos conceitos químicos, parte-se do pressuposto de que a Química, em sua definição nuclear, constitui-se como a ciência das substâncias e de suas transformações, dedicando-se a caracterizar sua individualidade ontológica e seus modos de mudança. Esta compreensão, conforme explorado ao longo desta investigação, não apenas define o escopo disciplinar, mas também estabelece um estatuto ontológico focalizado nos eixos fundamentais de identidade e transformação - eixos estes que, por sua vez, encontram ressonância e aprofundamento nos debates contemporâneos da filosofia da química, notadamente aqueles que interrogam a natureza ontológica das substâncias e dos processos químicos.

Para tanto, impõe-se a necessidade de um tipo de juízo que transcenda estipulações contingentes do objeto, ancorando-se, antes, em uma validade necessária fundada nas condições de possibilidade do próprio ente químico. Neste enquadramento, propomos considerar como fundamentos químicos precisamente aqueles conceitos ou ideias cuja presença se mostra logicamente exigida pela própria definição da Química, atuando como condições internas de sua inteligibilidade.

É, pois, com base nessa dupla articulação teórico-ontológica (identidade e transformação) que estruturaremos a presente proposta. Nosso objetivo será derivar, a partir dessas ideias matrizes, os conceitos químicos fundamentais, situando-os em seus respectivos planos ontológicos e apontando para os tensionamentos filosóficos e educacionais que lhes são inerentes.

4.2.2.1 Conceitos atinentes a identidade

A categoria dos conceitos atinentes à identidade constitui condição de possibilidade para a inteligibilidade do ente no domínio químico. Sem um princípio de permanência capaz de individualizar e estabilizar os entes em exame, o mundo material reduzir-se-ia a um indiferenciado de qualidades, inviabilizando a descrição sistemática, a comparação e a explicação. A identidade, nesse sentido, funciona como exigência epistemológica e ontológica que sustenta o reconhecimento da permanência em meio à mudança e torna viável a constituição do objeto químico como ente cognoscível.

Essa inflexão ontológica concretiza-se em um conjunto de conceitos nucleares destinados a fundar, delimitar e caracterizar a individualidade das substâncias. O conceito de substância ocupa posição central nesse conjunto, sendo definido por um feixe invariante de propriedades intensivas que permitem sua identificação e distinção (Hendry, 2012). No campo químico, a noção de substância e de suas derivações organiza-se a partir de uma lógica analítica ancorada no mundo sensível e na experiência (Ghibaudi & Cerruti, 2017), na qual a definição resulta da estabilização de características que permanecem exclusivas de determinado ente, constituindo o seu núcleo essencial. O fundamento desse conceito é, portanto, de ordem analítica, e não dedutiva, pois emerge do trabalho de discriminação conceitual operado sobre a experiência.

Outro ponto elementar, é o conceito de composição que, distingue-se epistemologicamente do de substância ao deslocar o foco das propriedades intensivas para as relações quantitativas entre os constituintes atômicos (Hendry, 2006). A composição expressa-se por proporções definidas que estabelecem a identidade do ente químico, de modo que a fórmula não figura exclusivamente como notação representacional, mas como enunciado ontológico que fixa a essência do corpo considerado (Chalmers, 2012). A alteração dessas proporções institui uma outra identidade, ainda que os mesmos tipos de átomos permaneçam envolvidos, evidenciando que a identidade química não se reduz à presença de constituintes, mas depende de suas relações quantitativas.

Outra característica atinente a identidade é a estrutura. O conceito de estrutura explícita, por sua vez, que a identidade não se esgota na composição elementar (Santos, 2024), mas se ancora na forma específica de conexão e organização espacial dos constituintes. Estrutura constitui princípio fundante na medida em que diferentes arranjos dos mesmos átomos podem dar origem a entes distintos, com propriedades e comportamentos próprios. Esse aspecto torna patente que o critério de identidade química se estabelece no plano da organização e não na simples enumeração dos elementos envolvidos (Córdoba et al., 2024).

A implicação central dessa categoria conceitual reside na possibilidade de organizar os entes químicos segundo critérios explícitos de existência, identidade e permanência. Ao fixar os operadores ontológicos que sustentam a prática descritiva e explicativa da química, delineia-se um domínio de objetos estabilizados, dotados de inteligibilidade própria, no qual o conhecimento químico se exerce. Trata-se, em última instância, de explicitar a lógica interna do pensamento químico e o plano epistemológico no qual ele se constitui como investigação rigorosa da matéria e de suas transformações.

4.2.2.2 Conceitos atinentes a transformação e contexto

Em contraste com a lógica da identidade, os processos possuem caráter constitutivamente temporal e contextual (Whitehead, 1985), descrevendo eventos que articulam estados distintos de organização material. Os conceitos que estruturam essa categoria operam na explicitação dos mecanismos, das condições de possibilidade e das consequências da transformação, ao atualizar potencialidades inscritas nas estruturas químicas em situações determinadas.

Nesse enquadramento, os contributos de Ochiai (2024, 2025) sustentam uma compreensão contextual, histórica e funcional dos processos químicos, segundo a qual determinadas entidades não se definem por invariantes substanciais, mas por eventos que se tornam cognoscíveis na medida em que produzem efeitos e realizam trabalhos em práticas técnicas e experimentais situadas. Trata-se de um realismo orientado pela eficácia operatória e não pela permanência ontológica dos entes.

Um conjunto correlato é constituído pelos conceitos de regularidade contextual, como leis químicas, princípios empíricos e regras de reação (Accorinti, 2019). A não universalidade estrita dessas regularidades e a recorrência de exceções indicam que sua ontologia se ancora em condicionamentos materiais, históricos e experimentais específicos (Accorinti, 2024), e não em necessidades naturais absolutas. Nesse sentido, conceitos como reação e cinética adquirem inteligibilidade pelo devir e pelas condições sob as quais os entes químicos se transformam e se estabilizam provisoriamente (Prentner, 2017).

No plano das propriedades, ganham centralidade noções emergentes e relacionais, cuja inteligibilidade depende da organização das partes e de suas interações em contextos determinados. Essas propriedades não se reduzem à microestrutura isolada nem a descrições físico mecânicas elementares, pois se manifestam apenas em sistemas químicos ativos. A transformação, assim, não constitui um acidente secundário, mas a própria condição ontológica de existência e de manifestação dessas propriedades (Banchetti-Robino, 2022).

Trata-se aqui de um empenho em apontar que determinados conceitos não apenas mediam teorias, mas configuram condições ontológicas de possibilidade para a própria noção de transformação química estruturada (González et al., 2019). Conform sugere Prentner (2017) obtém-se uma ontologia que não é focalizada no objeto isolado enquanto move-se as condições

de inteligibilidade científica, ressaltando o papel constitutivo do contexto na definição do que conta como real na química.

4.2.2.3 Conceitos atinentes a análise do ente ou essência

Tal como se apresenta na filosofia da química, o conceito de análise assume um caráter diretivo, estando predominantemente associado à análise conceitual⁴³. Trata-se de um processo que articula diferentes perspectivas filosóficas com vistas ao escrutínio das características de um determinado ente ou de sua essência conceitual (Heidegger & Cavalcante, 2015). Desse movimento analítico emerge uma questão central: não se trata propriamente do ente em si, tampouco do processo enquanto tal, mas da mediação epistêmica que torna esse ente cognoscível.

Apontamos que, no que concerne à análise, a química opera em panoramas epistemológicos distintos (Paneth, 2003). Por um lado, a análise ocupa um lugar central no núcleo da química, na medida em que se trata de uma ciência cujo objeto privilegiado é o estudo das substâncias (Brakel, 2012). Por outro, os entes químicos situam-se em diferentes níveis de descrição, o que desloca a análise para planos distintos de entendimento. Desse deslocamento derivam propriedades igualmente distintas, que não se reduzem umas às outras.

Estas propriedades podem manifestar-se tanto no plano empírico, como no caso da pureza de um determinado analito, verificada experimentalmente em laboratório, quanto em planos não diretamente observáveis, a exemplo de características como estrutura, função e reatividade. Esses atributos não constituem variações de um mesmo predicado, mas expressam diferentes modos de cognição do ente químico, dependentes do nível analítico mobilizado.

Nesse sentido, assim como um ente constituído de outros entes não recebe, automaticamente, a predicação das partes que o constituem, o conceito químico tampouco recebe a predicação dos conceitos que participam de sua constituição. A análise, portanto, não opera por simples decomposição redutiva, mas por mediações epistêmicas que organizam, em níveis distintos, as propriedades e determinações do ente químico.

Nesse processo, aquilo que é tomado como ente não se reduz a elementos permanência material⁴⁴, mas envolve formas de determinação que só se tornam inteligíveis quando

⁴³ Ver (Fortin et al., 2016); (Córdoba & Zambon, 2017); (Friend, 2020); (Harré, 2010).

⁴⁴ Questão anteriormente apontada pela filosofia de processo, sobretudo em Whitehead (1985).

consideradas em relativo distanciamento da matéria e de seus condicionamentos empíricos (Aquino, 2021). Trata-se, portanto, de um movimento analítico também opera por um processo de abstração, no qual determinadas características do ente são derivadas por meio de um conjunto articulado de conceitos analíticos, mobilizados especificamente para a investigação de suas propriedades.

4.2.2.4 Conceitos atinentes às condições potenciais

Essa última categoria revela-se especialmente problemática por congregar um conjunto de conceitos vinculados ao domínio da potência⁴⁵, na medida em que não se referem ao ente químico individualizado, nem se reduzem ao processo efetivo de transformação. Trata-se, antes, de conceitos que dizem respeito à capacidade ontológica de transformação do ente químico. Nesse domínio analítico, desloca-se a atenção do ente isolado ou do processo em curso para o horizonte de possibilidades ontologicamente delimitado no interior do qual o ente pode vir a manifestar propriedades, comportamentos e transformações.

Para compreender adequadamente essa categoria, torna-se necessário distinguir as condições de potência do contexto no qual os processos ocorrem. O contexto do processo refere-se às circunstâncias metodológicas e operatórias que possibilitam a ocorrência, a observação ou a manipulação de um fenômeno químico específico (Guttinger, 2021). As condições de potência, por sua vez, remetem ao estatuto ontológico do ente químico, isto é, às determinações que expressam sua capacidade de transformar-se e de engajar-se em processos.

Nesse sentido, as condições de potência vinculam-se, em primeiro lugar, ao modo de ser do ente (Aristóteles & Bini, 2011), compreendido como o conjunto de determinações ontológicas que fundamentam suas possibilidades de transformação (Aubenque, 2022; Heidegger & Cavalcante, 2015). Em segundo lugar, articulam-se aos níveis ontológicos que o sustentam, reconhecendo que tais capacidades não se distribuem de maneira homogênea, mas emergem de uma organização estratificada de níveis ontologicamente relevantes (Harré & Llored, 2011).

A título de exemplo, conceitos como estabilidade, estado de oxidação e capacidade de coordenação operam no registro da potência, pois não descrevem propriedades atualmente manifestas, mas delimitam o campo de transformações possíveis do ente químico.

⁴⁵ Compreende-se como conjunto de determinações ontológicas que expressam as capacidades, disposições ou possibilidades reais de um ente (Aristóteles & Bini, 2011).

4.2.2.4.1 Conceitos de articulação operatória

Há, ainda, um conjunto de conceitos que não se inscrevem exclusivamente em um único plano ontológico, embora desempenhem a função de conectar diferentes níveis de descrição da realidade (Earley, 2005). Apontamos que estes conceitos operam como operadores trans níveis, na medida em que permitem a articulação entre entidades, propriedades e processos pertencentes a planos ontológicos distintos.

Conceitos como energia, trabalho e entropia, por exemplo, não descrevem diretamente o modo de ser do ente químico⁴⁶, nem capturam uma transformação em ato de forma imediata. Em vez disso, funcionam como mediadores operatórios, estabelecendo equivalências, impondo restrições e servindo de interface entre registros explicativos distintos (Pisano et al., 2021).

No caso da energia, o conceito não descreve o ente químico nem uma transformação em ato, mas atua como mediador entre diferentes níveis de explicação. Ele articula descrições atômicas e molares, permitindo compreender trocas, rearranjos e espontaneidade (Atkins, 1999). Ao mesmo tempo, impõe limites ontológicos às transformações e às estruturas possíveis.

Estes conceitos não se limitam a um único domínio ontológico, mas atravessam e articulam diferentes níveis de explicação. Sua função é estruturante: delimitam os limites ontológicos das transformações possíveis.

4.2.2.5 Exposição da Tipologia dos Conceitos Químicos

Reconhecemos que a estratificação dos conceitos químicos em uma tipologia constitui um empreendimento que exige um escrutínio ontológico rigoroso, profundamente imbricado na filosofia geral e em suas principais derivações no âmbito da filosofia da química. Com o objetivo de favorecer o acesso a essa discussão, propomos, a seguir, a apresentação de uma demonstração da tipologia formulada, conforme sintetizado na tabela a seguir. Ressalta-se, contudo, que esta organização não possui caráter exaustivo, configurando-se antes como uma ilustração de como essa tipologia se inscreve e opera no interior do campo conceitual da química.

⁴⁶ Conforme discutido na filosofia da química, no que se refere à descrição dos entes, opera-se sob outros estatutos, ver Brakel (2012); Guttinger (2021).

Ressalta-se que esta proposta se inscreve no plano epistêmico, assumindo o compromisso de explicitar e problematizar essas nuances no âmbito do ensino de Química.

Tabela 3 - Tipologia dos Conceitos

REFERÊNCIA TIPOLOGICA	CONCEITOS RELACIONADOS
IDENTIDADE	Substância, sistema, componente, estrutura, composição, fórmula química, número de coordenação, geometria molecular, elemento químico, átomo.
TRANSFORMAÇÃO E CONTEXTO	Reação química, processo químico, ordem de reação, mecanismo de reação, intermediário, catálise, catalisador.
ANÁLISE DO ENTE	Amostra, analito, matriz, interferência, análise, quantificação, exatidão, precisão, desvio padrão, titulação, titulante, ponto de equivalência, indicador.
CONDIÇÕES POTENCIAIS	Estabilidade, equilíbrio, reatividade, polaridade, estado eletrônico, ressonância, aromaticidade, capacidade de coordenação, estado de oxidação, potencial elétrico, espontaneidade.
ARTICULAÇÕES OPERATÓRIAS	Energia, trabalho, entropia, entalpia, energia livre de Gibbs, radiação eletromagnética, grandezas eletrônicas.

Fonte: Autor.

Conforme indicado na tabela acima, observa-se que os diferentes conceitos da química, embora pertençam a uma mesma disciplina, apresentam panoramas epistemológicos distintos⁴⁷. Trata-se de uma questão especialmente relevante para a formação e atuação docente, uma vez que os conceitos químicos, tal como são concebidos e operados na prática científica, assumem inscrições epistemológicas e ontológicas distintas daquelas mobilizadas em seu ensino no contexto da sala de aula (Ribeiro, 2014; Van Berkel et al., 2000).

⁴⁷ Ver Santos (2024).

A análise dos conceitos químicos evidencia que eles não compartilham um mesmo estatuto ontológico, ainda que coexistam no interior de uma mesma disciplina científica. Alguns desses conceitos operam prioritariamente no registro da materialidade empírica, enquanto outros se constituem como mediações formais ou grandezas relacionais, cuja inteligibilidade não depende da apreensão direta de entes.

Nesse sentido, o conceito de entropia exemplifica uma categoria conceitual cuja função não é descrever um objeto material, mas estabelecer relações entre estados e processos sob determinadas restrições formais. Sua significação emerge da articulação entre configurações possíveis de um sistema e critérios de ordenação, não sendo redutível a uma entidade observável. Em contraste, o conceito de substância pura ancora-se em uma matriz ontológica que se deriva de um processo identificação do ente químico, embora predique identidade específica irreduzível de determinado ente, ancora-se fortemente em procedimentos instrumentais e de critérios de estabilização material, por meio dos quais se atribuem propriedades relativamente invariantes.

Distinção semelhante pode ser observada quando se confrontam os conceitos de amostra e reação química. A amostra constitui uma instância material singularizada, delimitada com vistas à experimentação, à medição e ao controle empírico, funcionando como suporte para a atribuição de predicados aos entes químicos. A reação química, por sua vez, não designa um ente, mas um acontecimento: um processo de transformação material no qual os entes se modificam, ainda que a própria reação não se configure como algo passível de predicação ontológica direta.

No domínio das mediações operatórias, o conceito de trabalho ocupa uma posição distinta daquela assumida pelo conceito de catálise. O trabalho atua como uma estrutura formal que quantifica relações entre energia e transformação, sem incidir sobre um processo químico determinado. A catálise, ao contrário, refere-se a um princípio relacional interno à dinâmica reacional, intervindo nas condições de possibilidade e na cinética das transformações sem se confundir com os produtos ou com o próprio processo resultante.

Ainda que possam ser articulados em determinados contextos explicativos, estes conceitos não compartilham o mesmo horizonte ontológico, evidenciando, mais uma vez, a heterogeneidade constitutiva na estrutura conceitual da química.

Trata-se, portanto, de um cenário no qual a diversidade ontológica e epistemológica dos conceitos químicos não pode ser adequadamente compreendida tão quanto negligencie uma

integração de um pensamento filosófico na apreensão dos conceitos (Santos, 2024). Nesse sentido, a filosofia da química apresenta-se como um horizonte analítico indispensável⁴⁸.

4.2.3 Integração Didático-Ontológica da Filosofia da Química

Encaminha-se, assim, para a parte final deste capítulo, a qual assume caráter análogo às secções anteriores e às suas derivações, orientando-se por um esforço de síntese e de proposição. Trata-se de delinear uma possibilidade de integração sistemática do debate desenvolvido ao longo do texto. No que diz respeito à incorporação da filosofia da química ao currículo, encontram-se iniciativas já consolidadas na literatura que indicam caminhos possíveis de articulação.

Entretanto, no que concerne à tradução pedagógica da reflexão ontológica no âmbito da educação química, o campo ainda se mostra pouco explorado e carece de sistematização teórica e didática. Nesse contexto, propõe-se retomar as categorias anteriormente estabelecidas e, a partir delas, esboçar um panorama epistemológico orientado à ação formativa. O objetivo consiste em oferecer referenciais conceituais que possam subsidiar a prática de futuros educadores, permitindo que a reflexão ontológica não permaneça restrita ao debate filosófico especializado, mas informe de modo crítico a organização curricular e as práticas de ensino em química.

4.2.3.1 Química, Ontologia e Educação: diálogos e convergências no campo teórico

Nesta secção procede-se à identificação das convergências já presentes na literatura no que se refere a essa linha de investigação, com o intuito de explicitar autores que articulam os domínios em questão e trabalhos que avançaram proposições análogas. Trata-se de situar o debate em um campo mais amplo de interlocuções, evidenciando pontos de aproximação conceitual e teórica.

Destaca-se, entretanto, a existência de uma lacuna expressiva no que concerne a investigações de caráter pedagógico no interior da filosofia da química, conforme assinalado por Schummer (2006). Embora uma parcela significativa dessas pesquisas incida direta ou indiretamente sobre o escrutínio ontológico, a tradução sistemática dessas reflexões para problemas educacionais e curriculares permanece limitada, reforçando a necessidade de

⁴⁸ Ver Earley (2004), Schummer et al. (2006), Ruthenberg & Harré (2012).

iniciativas que promovam essa articulação de forma mais consistente. Na tabela abaixo sintetizamos a proposta.

Tema	Campo de Problemáticas	Referência	Filosofia da Química
<i>Fundamentos</i>	Substâncias, evento, causalidade, tempo e espaço, identidade, universalidade e particularidade, referenciação, processos, transformação e contexto, permanência, emergência e níveis de organização, reducionismo.	Platão, Kant, Aristóteles, Whitehead, Duhem, Bachelard.	Lombardi, Needham, Psarros, Llored, Brakel, Earley, Lazlo, Harré, Ghibaudi, Hendry, Pretner, Sukumar, Bitbol, Ochiai, Gambini, Drago, Banchetti-Robino, Labarca, Bano, Headley, Ruthenberg, Thyssen, Vihalemm, Gomez, Hendry.
<i>Ensino e Aprendizagem</i>	Idealidade e polissemia conceitual; dualidade entre níveis de representação; circularidade e historicidade dos conceitos científicos; modelos, analogias e idealizações; limites cognitivos da representação química; aprendizagem conceitual e mudança ontológica; tensão entre formalismo e experiência sensível.	Wittgenstein, Pierce, Cassirer, Leibniz, Paneth.	Cerruti, Scerri, Seibert, Schummer, Earley, Laszlo, González, Schummer, Gilead, Accorinti, Taber, Erduran.
<i>Estrutura Curricular</i>	Organização e hierarquização dos conteúdos; fragmentação e linearidade curricular; hegemonia do reducionismo epistemológico; racionalidade técnica e instrumental; positivismo pedagógico; concepções implícitas de ciência e conhecimento; relação teoria-prática; forma e conteúdo.	Descartes, Rousseau, Kant, Humboldt, Habermas, Hegel.	Nordmann, Bensaude-Vincent, Lanza, Lefèvre, Ribeiro, Pires, Brakel, Taber, Erduran.

Tabela 4 - Integração Filosofia, Educação e Ontologia

A tabela apresentada constitui uma proposta de articulação sistemática entre autores da filosofia geral e autores da filosofia da química trabalhados ao longo dos capítulos precedentes. O objetivo consiste em unificá-los em torno dos eixos de problematização delineados no primeiro capítulo, a saber, a questão dos fundamentos, os processos de ensino e aprendizagem e a organização curricular. Trata-se de um esforço de síntese teórica orientado a evidenciar convergências, lacunas e possibilidades de interlocução entre campos que, embora próximos, nem sempre dialogam de modo explícito.

No que se refere ao eixo dos fundamentos, observa-se uma justaposição conceitual significativa entre os autores mobilizados. Conforme demonstrado ao longo da investigação, um dos focos centrais da filosofia da química reside precisamente na problematização dos fundamentos do discurso químico, com ênfase na ontologia dos conceitos, nos critérios de identidade e na estrutura conceitual que sustenta a explicação química. Nesse sentido, o conjunto de autores reunidos nesse eixo apresenta potencial direto de incorporação às pesquisas em educação química que se dedicam ao exame dos fundamentos conceituais do ensino, oferecendo instrumentos analíticos para tensionar pressupostos frequentemente naturalizados.

Já no que concerne aos eixos de ensino e aprendizagem e de currículo, a articulação apresenta configurações distintas. O número de autores da filosofia da química que se dedicaram explicitamente a essas questões é mais restrito, o que evidencia uma assimetria no desenvolvimento do campo. Conforme aponta Ribeiro (2014), um marco relevante para a integração dessa temática no âmbito curricular foi o número especial da revista *Science and Education* (2012) que consolidou a discussão sobre a relevância da filosofia da química para a educação química. Esse movimento foi antecedido, por uma chamada organizada sob a coordenação de Sibel Erduran, da University of Bristol (2010), que reuniu contribuições voltadas às considerações filosóficas do ensino de química e destacou a centralidade desse diálogo emergente.

Esse panorama deve ser compreendido à luz da própria constituição histórica do campo. A filosofia da química consolidou-se como área distinta no interior da filosofia da ciência apenas nas últimas décadas (Santos, 2024). Embora sua relevância para o ensino de química seja frequentemente afirmada, a investigação sistemática dessa interface permanece relativamente pouco explorada onde a reflexão ontológica pode operar como eixo articulador entre fundamentos conceituais, práticas de ensino e decisões curriculares, contribuindo para uma compreensão mais densa e integrada do ensino de química. Para esses dois últimos pontos, gostaríamos de propor uma discussão diretiva doravante.

4.2.4 Horizontes não-reducionistas para a organização curricular em Química

No que concerne à possibilidade de conceber uma organização curricular renovada para o ensino de química, impõe-se a análise articulada dos problemas da formação, da definição do conhecimento legitimado e das formas de organização do saber escolar.

A partir das contribuições de Taber (2006,2020), torna-se possível sustentar uma organização curricular que assuma explicitamente o caráter mediado do conhecimento escolar, reconhecendo que os conceitos químicos, ao ingressarem no espaço educativo, passam por processos inevitáveis de recontextualização.

O currículo de química, tende a tensionar aspectos técnicos e metodológicos (Berkel, 2005; Ribeiro, 2014), a proposição é que conforme aponta Bensaude-Vincent (2008) ofereça-se subsídios para a formulação de um currículo que reconheça a natureza tecnocientífica da química como princípio organizador. Sob essa orientação, os processos de produção, transformação e uso de materiais deixam de figurar como aplicações periféricas e passam a constituir dimensões estruturantes do conhecimento químico, articulando teoria, prática e inserção social da ciência.

No plano ontológico e epistemológico, as contribuições de Erduran et.al (2007) permite fundamentar uma organização curricular que valorize explicitamente os níveis de descrição e explicação próprios da química. Ou seja, trata-se de um currículo não reducionista pode ser estruturado de modo a tornar visíveis as relações entre esses níveis, compreendidos como domínios complementares de inteligibilidade, e não como etapas hierarquizadas. Possibilidade que dialoga com elementos mereológicos amplamente discutidos na filosofia da química⁴⁹.

Por fim, Ribeiro (2014) oferece fundamentos para a proposição de uma organização curricular plural e articulada, ancorada em múltiplas perspectivas da filosofia da química. Essa orientação sustenta um currículo reflexivo, capaz de integrar dimensões linguísticas, históricas, heurísticas e sistemáticas como modos complementares de abordagem dos conteúdos.

4.2.5 Tensionamentos Ontológicos no Ensino de Química

O que se delinea nesta parte final do último capítulo é a explicitação de como os tensionamentos ontológicos se inscrevem de modo constitutivo no ensino de química. Trata-se de indicar uma orientação de ensino comprometida com a problematização dos fundamentos

⁴⁹ Conforme apontamos em nosso capítulo três, é possível notar o valor expressivo que os estudo em mereologia possuem na filosofia da química.

dos conceitos mobilizados na disciplina, com a compreensão de seus planos epistemológicos e de suas estruturas subjacentes, isto é, de sua matriz ontológica.

Esse movimento já encontra registros na literatura, no âmbito da filosofia da educação química (Ribeiro, 2014). Embora seja possível encontrar essa articulação com a filosofia da química desde suas origens⁵⁰, apenas mais recentemente educadores químicos passaram a desenvolver investigações alinhadas de forma explícita a esse enquadramento (Ribeiro & Pereira, 2013). No contexto brasileiro, como evidenciado na amostra analisada no primeiro capítulo, essa articulação ainda se apresenta de maneira incipiente.

Os conceitos químicos e suas formas de transmissão são afetados por estatutos ontológicos implícitos (Santos, 2024), deve a educação química e suas derivações preocupar-se com esse levantamento.

De modo a lançar luz sobre um dos pontos de convergência entre o escrutínio ontológico e o ensino de conceitos químicos, tomamos como ponto de partida as temáticas mobilizadas nos artigos identificados no primeiro capítulo, a saber: (1) *Educação do Campo e mereologia química: aproximações possíveis no estudo de átomo e molécula* (Reis & Kavalek, 2023) e (2) *Uma crítica ao reducionismo filosófico da Química à Mecânica Quântica como elemento fundamental para a formação de professor* (Oliveira & Gomes, 2021). Estas produções constituem, em nosso entendimento, exemplares paradigmáticos de como determinadas tensões ontológicas atravessam, ainda que de modo nem sempre explícito, o ensino e a formação em química.

Conforme discutido no terceiro capítulo, tanto a problemática do reducionismo quanto a mereologia do discurso químico figuram como eixos consolidados no âmbito da filosofia da química. A mereologia, compreendida como um modo lógico-filosófico de pensar a constituição e a organização do conhecimento químico (Harré & Llored, 2011; Llored, 2010; Sukumar, 2013), explicita os limites de uma compreensão estritamente composicional dos fenômenos químicos. O reducionismo, por sua vez, configura-se como um fenômeno epistemológico de largo alcance, que afeta a química enquanto totalidade disciplinar, ao deslocar seus critérios de inteligibilidade para domínios explicativos externos, notadamente a mecânica quântica (Drago, 2020; Gambini et al., 2015; Needham, 2006).

É precisamente no âmbito do estudo mereológico que os tensionamentos ontológicos no ensino de química se tornam mais visíveis, emergindo da forma como os conceitos podem ser organizados, justificados e transmitidos no espaço educativo. A mereologia evidencia que a

⁵⁰ É possível encontrar trabalhos que remetem a esta articulação desde o ano de 2000 (Erduran, 2001), embora o campo não tenha sido formalmente constituído.

redução dos níveis químicos a uma lógica exclusivamente parte-todo compromete a compreensão da emergência de propriedades e a autonomia conceitual do nível molar. O reducionismo, por sua vez, reconfigura a química como um saber derivado, fragilizando sua coerência ontológica própria e obscurecendo a especificidade de seus modos explicativos.

Há, contudo, um outro eixo de relevância incontornável que atravessa essa discussão: a tensão entre substância e processo. Esta tensão revela o conflito entre ontologias da permanência e da transformação, ausente nos trabalhos encontrados em nossa amostra. Ao longo deste capítulo, apontamos uma proposição de como os conceitos químicos poderiam ser articulados a partir desses dois eixos ontológicos, cabendo ao educador problematizar tais matrizes conceituais e explicitar os diferentes panoramas ontológicos que operam no interior do discurso químico durante o ensino.

Nesse sentido, apontamos também para a dualidade e a polissemia dos conceitos químicos, que indicam um panorama onde a instabilidade ontológica não deve ser compreendida como um problema a ser eliminado, mas como uma condição constitutiva da própria inteligibilidade da química. A explicitação dessa instabilidade impõe-se, portanto, como uma exigência formativa no ensino de conceitos, na medida em que possibilita ao estudante reconhecer os limites, as tensões e as escolhas ontológicas subjacentes às explicações químicas.

Assim, a superação de um ensino que não problematiza os fundamentos de seus próprios conceitos exige tornar explícitas as matrizes ontológicas que os sustentam. Trata-se de uma condição necessária para a construção de uma compreensão epistemologicamente robusta e ontologicamente autônoma do ensino de química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação origina-se de uma inquietação teórica e pedagógica persistente no âmbito do ensino de Química. Constata-se que a organização dos conceitos químicos, tanto nos currículos quanto nas práticas didáticas, mantém-se fortemente ancorada em pressupostos ontológicos implícitos, raramente tematizados de forma explícita durante o processo formativo. Observa-se que noções fundamentais da disciplina, como substância, transformação, processo, identidade, níveis de organização e emergência, são mobilizadas no ensino sem que seus fundamentos ontológicos sejam problematizados. Essa ausência de problematização tende a naturalizar interpretações conceituais específicas, obscurecer a complexidade ontológica inerente à Química e empobrecer suas possibilidades formativas.

Foi nesse contexto que se delineou a necessidade de uma investigação que articulasse a Filosofia da Química com problemáticas educacionais, buscando compreender de que modo os fundamentos ontológicos dos conceitos químicos tensionam, estruturam e condicionam o ensino da disciplina. A pesquisa orientou-se pela seguinte questão norteadora: qual a natureza ontológica dos conceitos químicos na educação química e como estes se relacionam dentro da estrutura conceitual da química e do seu ensino.

Para responder a esse questionamento, adotou-se uma abordagem de natureza qualitativa, de caráter teórico-conceitual, fundamentada na análise filosófica e na revisão sistemática da literatura situada na interface entre Filosofia da Química, epistemologia das ciências e educação científica.

O levantamento bibliográfico sistematizado no capítulo inicial evidenciou padrões frequentes que delimitam as investigações sobre o ensino de noções químicas. De forma ampla, percebe-se que as produções acadêmicas priorizam questões de ordem metodológica, centradas na criação e testagem de instrumentos didáticos voltados à eficácia da aprendizagem. Nesse panorama, a qualidade do processo educativo é comumente medida pela transmissão bem-sucedida de tópicos da disciplina, vistos como blocos informativos constantes e estabelecidos previamente.

Essa hegemonia de viés técnica-metodológica caminha junto a um embasamento teórico muito dependente de campos da pedagogia e da psicologia, especialmente vertentes ligadas ao desenvolvimento cognitivo. Ainda que esses aportes ajudem a explicar os caminhos do ensino, notou-se que a maioria dos trabalhos encara os conceitos químicos como objetos prontos.

Assim, a lógica interna e as raízes ontológicas desses conhecimentos não chegam a ser problematizadas. O foco da discussão recai sobre os meios de instrução, enquanto a identidade e a composição do saber químico ficam em plano secundário.

Nesse ponto, surgem contradições que marcam a Educação Química. A primeira envolve o pouco espaço ocupado pela reflexão filosófica na análise das ideias químicas. Embora a Química seja uma ciência erguida sobre densas disputas epistemológicas e históricas, esses debates dificilmente aparecem de forma estruturada nos textos educacionais. O distanciamento da dimensão filosófica não resulta de um abandono consciente, mas de uma aceitação automática dos fundamentos ontológicos que estruturam o discurso químico.

A segunda contradição, ligada à anterior, reside na escassez de diálogo com autores da tradição filosófica na avaliação da química em sala de aula. Os referenciais escolhidos limitam-se quase sempre à Psicologia da Aprendizagem e à Didática. Falta uma interação sólida com a Filosofia da Ciência ou com a Filosofia da Química, o que restringe a profundidade do debate sobre a construção do conhecimento.

Os resultados da investigação reafirmam a premissa de que o estudo dos conceitos não representa um campo marginal, integra de forma constitutiva o domínio da Filosofia. Compreender a natureza dos conceitos químicos, sua estrutura interna, o tipo de entidades às quais se referem e as condições que preservam sua identidade ao longo dos processos de transformação exige, de modo inevitável, o enfrentamento de questões de ordem ontológica. Nesse sentido, o segundo capítulo da dissertação demonstrou que a análise dos conceitos requer a mobilização de um conjunto amplo de categorias ontológicas, incluindo substância, processo, evento, causalidade, identidade, permanência, transformação, emergência, níveis de organização e a relação parte-todo, entre outras.

A sistematização dessas categorias revelou não somente a complexidade inerente aos conceitos químicos, mas também o caráter abrangente das abordagens filosóficas que lhes servem de fundamento. Ao longo do capítulo, tornou-se explícita a quantidade expressiva de categorias analíticas e de autores fundamentais que contribuem para este campo de estudo (estudo ontológico dos conceitos), os quais provêm de distintas tradições filosóficas. Essa diversidade teórica sinaliza que a análise ontológica dos conceitos não se organiza conforme um único paradigma explicativo, configurando-se antes como um espaço plural, caracterizado por tensões, complementaridades e disputas conceituais.

Essa articulação entre Filosofia e Química mostrou-se ainda mais consolidada no terceiro capítulo, no qual foi possível evidenciar que a Filosofia da Química constitui um campo de investigação autônomo, possuidor de problemáticas específicas e de uma agenda teórica bem

estabelecida. Distante de ocupar uma posição periférica no âmbito da Filosofia da Ciência, a Filosofia da Química elege a ontologia como um de seus eixos fundacionais, assumindo como questão nuclear a natureza das entidades, dos processos e das relações que estruturam os conceitos químicos. Neste capítulo, foram identificadas diversas pesquisas que assumem explicitamente a ontologia como chave interpretativa para o exame dos conceitos químicos, o que confirma a vitalidade e a consistência filosófica dessa área de estudo.

Adicionalmente, a análise das produções pertencentes à Filosofia da Química permitiu mapear os principais pontos de problematização que atualmente orientam o campo, evidenciando tratar-se de uma área de investigação extensa, dinâmica e em contínuo processo de autorreflexão. A recorrência de debates centrados no reducionismo, na emergência, nos níveis de organização e na especificidade ontológica da Química indica que o campo não apenas reconhece seus próprios fundamentos, mas também os submete de maneira constante ao escrutínio crítico. Esse movimento reforça a legitimidade da Filosofia da Química como espaço privilegiado para a reflexão sobre os conceitos químicos em sua complexidade integral, assim como sua pertinência para um diálogo frutífero com a educação química.

No capítulo final da dissertação, os constructos teóricos e analíticos desenvolvidos nos capítulos precedentes foram direcionados para a elaboração de uma proposta didática. Esta foi orientada pela dupla finalidade de explicitar os fundamentos ontológicos dos conceitos químicos e de problematizar suas tensões no contexto do ensino e da organização curricular. Esse deslocamento não objetivou apresentar um modelo pedagógico definitivo, mas sim apontar caminhos teóricos que possam reorientar a estruturação curricular e as práticas docentes, fundamentando-se em uma compreensão mais substantiva da natureza dos conceitos próprios da Química.

Em síntese, a análise conduzida demonstra que o currículo de Química é organizado por um enfoque ontológico hegemônico, ancorado no nível corpuscular da matéria. Esta perspectiva privilegia entidades como átomos, moléculas e suas estruturas, estando associada a pressupostos implícitos de caráter cientificista, positivista e reducionista. Nesse quadro, os conceitos químicos são frequentemente tratados como representações diretas e unívocas da realidade, sob a predominância explicativa dos paradigmas da físico-química.

Apontamos que a Química é atravessada por tensionamentos ontológicos tanto na composição de seus conceitos quanto na estrutura de suas proposições teóricas. Em nosso último capítulo, discutimos as grandes ideias da química, e é notável perceber que esses momentos se tratam de viradas ontológicas que remodelam os modos de pensar os conceitos e deslocam a química para um novo estatuto.

Com o propósito de explicitar a estrutura ontológica subjacente aos conceitos químicos, a investigação propôs um quadro organizativo que classifica as entidades químicas conforme distintos níveis de organização, paralelamente à elaboração de uma tipologia geral dos conceitos mobilizados pela disciplina. A análise permite concluir que a Química constitui um campo teórico profundamente marcado pela lógica mereológica, o que demanda um afastamento consciente de perspectivas reducionistas e uma investigação atenta às diversas relações parte-todo e aos fenômenos de emergência.

De modo complementar, apresentou-se uma proposta tipológica para os conceitos químicos, estabelecendo uma distinção fundamental entre aqueles referentes à identidade das entidades e aqueles vinculados aos processos de transformação e ao contexto em que ocorrem. Contrapondo esses elementos com os achados nos capítulos dois e três; conclui-se igualmente que a Química opera com conceitos provenientes de matrizes ontológicas distintas, situados em panoramas epistemológicos variados.

Com o propósito de articular essa reflexão diretamente ao campo da educação química, a pesquisa assumiu uma posição definida, identificando autores e trabalhos que realizam investigações na interface entre essas duas esferas. Concluiu-se que se trata de um campo atualmente constituído, com contribuições significativas para a área, embora ainda se mostre carente de problematizações mais aprofundadas e abrangentes. Nossa proposição revela que não apenas é possível vincular questões de ordem ontológica à educação química, como também já existem trabalhos que convergem diretamente para este ponto.

De modo mais amplo, esta investigação buscou demonstrar a pertinência de uma fundamentação filosófica para o ensino de conceitos químicos. Defendeu-se a concepção de um currículo que não reduza a ciência química a estatutos epistemológicos alheios à sua especificidade. Propôs-se um panorama ontológico genuinamente preocupado com a estrutura e com a reflexão crítica acerca da constituição dos próprios conceitos químicos. Evidenciou-se, ainda, a existência de tensionamentos ontológicos substantivos, tanto na organização curricular quanto na prática concreta do ensino da disciplina. Em última instância, tratou-se de um empreendimento voltado a repensar a ciência química em seus fundamentos e, concomitantemente, a repensar seu ensino.

REFERÊNCIAS

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education, 22*(7), 665–701. <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Accorinti, H. L. (2019). Incompatible models in chemistry: The case of electronegativity. *Foundations of Chemistry, 21*(1), 71–81. <https://doi.org/10.1007/s10698-018-09328-x>
- Accorinti, H. L., & González, J. C. M. (2024). Test case for perspectivism: Incompatible models in quantum chemistry. *Foundations of Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s10698-024-09502-4>
- Adúriz-Bravo, A. (2004). Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias. *Revista de Educación en Biología, 7*(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.59524/2344-9225.v7.n2.36628>
- Alassia, F. (2023). Correction to: A process ontology approach in biochemistry: the case of GPCRs and biosignaling. *Foundations of Chemistry, 25*(1), 189–206. <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09461-8>
- Almeida, A. A. F. de, Silva, Q. R. R. da, Santos, M. B. H. dos, & Filho, F. F. D. (2023). Do livro ao professor: Como os Números Quânticos têm sido abordados em aulas de Química? *Revista Insignare Scientia - RIS, 6*(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n6.13543>
- Alves, V. R., Cavalcanti, J. D. B., & Silva, F. C. V. da. (2024). A teoria dos perfis conceituais em Química: Mapeamento em pesquisas no contexto da química. *Revista Insignare Scientia - RIS, 7*(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2024v7n1.13858>
- Antiseri, D., & Reale, G. (2022). *Filosofia: Antiguidade e Idade Média - Vol I: Antiguidade e Idade Média*. Paulus Editora.
- Aquino, S. T. D. (2021). *O Ente e a Essência—Edição Bilíngue*. Ecclesiae.
- Araújo, Á. C. dos S., & Leão, M. F. (2021). ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO DIDÁTICO DO TIPO QUEBRA-CABEÇAS PARA ENSINAR TABELA PERIÓDICA

- NO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 9(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i1.10833>
- Araújo, R. F. R. de. (2023). Análise da formação do conceito de mistura utilizando a teoria das ações mentais e dos conceitos no Ensino de Química. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 6(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n1.13179>
- Aristóteles, & Bini, E. (2011). *Metafísica*. Edipro.
- Armstrong, D. M. (1997). *A World of States of Affairs*. Cambridge University Press.
- Arriaga, J. A. J. (2023). On the nature of quantum-chemical entities: The case of electron density. *Foundations of Chemistry*, 25(1), 127–139. <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09431-0>
- Arruda, S. de M., & Villani, A. (1994). Mudança conceitual no Ensino de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 11(2), Artigo 2.
- Atkins, P. (1999). Chemistry: The great ideas. *Pure and Applied Chemistry*, 71(6), 927–929. <https://doi.org/10.1351/pac199971060927>
- Aubenque, P. (2022). *O Problema do ser em Aristóteles*. Paulus Editora.
- Bachelard, G. (2006). *A Formação do Espírito Científico Contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Dinalivro.
- Banchetti-Robino, M. P. (2022). Robert Boyle and the relational and dispositional nature of chemical properties. *Foundations of Chemistry*, 24(3), 423–431. <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09435-w>
- Bano, S. (2023). A defense of placeholder essentialism. *Foundations of Chemistry*, 25(3), 393–404. <https://doi.org/10.1007/s10698-023-09478-7>
- Barbosa, L. J., & Neto, J. E. S. (2022). Modos de Pensar e Formas de Falar de Jogadores sobre os Conceitos de Energia, Substância e Vida em Videogames. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 5(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n2.13003>
- Bardin, L. (2015). *Análise de Conteúdo* (1ª edição). Edições 70.

- Batista, G. M., Arruda, L. C., Pauletti, F., & Gonçalves, M. B. (2020). Construção e avaliação de um material didático para o ensino das mudanças de estados físicos da água. *ACTIO: Docência em Ciências*, 1(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.3895/actio.v1n1.10788>
- Benedetti, F., Edemar, Cavagis, Alexandre D. M., & Santos, K. O. dos. (2021). Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no Ensino de Química. *Um jogo de tabuleiro envolvendo conceitos de mineralogia no Ensino de Química*, 43(2), 167–175. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160242>
- Bengoetxea, J. B., Todt, O., & Luján, J. L. (2014). Similarity and representation in chemical knowledge practices. *Foundations of Chemistry*, 16(3), 215–233. <https://doi.org/10.1007/s10698-014-9203-y>
- Bensaude-Vincent, B., Stengers, I., & Luna, F. J. (2023). *HISTÓRIA DA QUÍMICA*. Editora da Unicamp.
- Berka, K. (1983). Theory of Measurement. Em K. Berka (Org.), *Measurement: Its Concepts, Theories and Problems* (p. 112–157). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-7828-7_6
- Berkel, V. B. (2005). *The structure of school chemistry: A quest for conditions for escape* (53^o ed.). Scientific Library,. <https://www.fisme.science.uu.nl/toepassing/20053/>
- Bernardo, F. A., Estevan, L. R. Q., Massi, L., & Teixeira, L. A. (2023). Trabalho como fundamento ontológico de uma concepção de mundo materialista, histórica e dialética para a educação em química. *Revista HISTEDBR On-line*, 23, e023005–e023005. (Brazil; Contemporary). <https://doi.org/10.20396/rho.v23i00.8671015>
- Bitbol, M. (2007). Ontology, matter and emergence. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 6(3), 293–307. <https://doi.org/10.1007/s11097-006-9041-z>
- Bloch, O. (1985). *O Materialismo*. Publicações Europa-América. <https://www.wook.pt/livro/o-materialismo-olivier-bloch/68014>
- BOGDAN, R. C. (2008). *Investigação Qualitativa Em Educação—Uma Introdução A Teoria E Aos Métodos* (1^a edição). PORTO.

- Borges, R. da S., Sá, É. R. A. de, & Júnior, G. E. da L. (2021). O “sim” do ensino de química às histórias em quadrinhos: Um recorte do estado da arte. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 4(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i6.12274>
- Boyce, C. (2019). *Mendeleev’s Elemental Ontology and Its Philosophical Renditions in German and English*.
- Brakel, J. V. (2013). *Frantisek Wald’s Empiricism*. 19(2), 161–183.
- Brakel, J. V. (2014). Philosophy of Science and Philosophy of Chemistry. *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, 20(1), 11–57.
- Brakel, J. van. (2012). Substances: The Ontology of Chemistry. Em A. I. Woody, R. F. Hendry, & P. Needham (Org.), *Philosophy of Chemistry* (V. 6, p. 191–229). North-Holland. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51675-6.50018-9>
- BRASIL. (2002). *Diretrizes Curriculares dos Cursos de licenciatura em química*. Brasília. Ministério da Educação e Cultura (MEC). <https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/normas-classificadas-por-assunto/diretrizes-curriculares-cursos-de-graduacao>
- Brito, A., Rodríguez, M. A., & Niaz, M. (2005). A reconstruction of development of the periodic table based on history and philosophy of science and its implications for general chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 84–111. <https://doi.org/10.1002/tea.20044>
- Bruner, J. (1996). *Cultura da Educação*. Edições 70.
- Cachapuz, A. C., Pérez, D. G., Alís, J. C., & Terrades, I. M. (2001). A emergência da didática das ciências como campo específico de conhecimento. *A Emergência Da Didáctica Das Ciências Como Campo Específico de Conhecimento*, 14(01), 155–195.
- Caetano, V. V. M., & Leão, M. F. (2022). METODOLOGIAS ATIVAS NA QNESC (2011-2020): UM OLHAR PARA AS AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 10(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.26571/reamec.v10i2.13719>
- Cairns, M. (2023). Electronegativity as a new case for emergence and a new problem for reductionism. *Foundations of Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s10698-023-09494-7>

- Camolezi, M. D. (2017). *A causalidade em Henri Bergson: Formação de um pensamento em contato com as ciências experimentais* [Tese, Universidade de São Paulo].
<https://doi.org/10.11606/T.8.2018.tde-09022018-114649>
- Cardoso, A. P., Araujo, L. D., Liu, A. S., & Castro, M. do C. de. (2022). Histórias em Quadrinhos como Estratégia Didática para o Ensino de Química em Tempos de Pandemia. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 5(2), Artigo 2.
<https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n2.12990>
- Carneiro, M. C. (2004). Considerações sobre a idéia de tempo em Sto. Agostinho, Hume e Kant. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 8, 221–232.
<https://doi.org/10.1590/S1414-32832004000200003>
- Causá, M., Savin, A., & Silvi, B. (2014). Atoms and bonds in molecules and chemical explanations. *Foundations of Chemistry*, 16(1), 3–26. <https://doi.org/10.1007/s10698-013-9192-2>
- Cavalcante, L. T. C., & Oliveira, A. A. S. de. (2020). Métodos de revisão bibliográfica nos estudos científicos. *Psicologia em Revista*, 26(1), 83–102.
<https://doi.org/10.5752/P.1678-9563.2020v26n1p82-100>
- Cerruti, L. (1998). *Chemicals as Instruments A Language Game*. 4(1), 39–61.
- Chalmers, A. (2012). Klein on the origin of the concept of chemical compound. *Foundations of Chemistry*, 14(1), 37–53. <https://doi.org/10.1007/s10698-011-9121-1>
- Chalmers, A. F. (1993). *O que É Ciência Afinal?* (1ª edição). Brasiliense.
- Chang, H. (2012). HO or H₂O? How Chemists Learned to Count Atoms. Em H. Chang (Org.), *Is Water H₂O? Evidence, Realism and Pluralism* (p. 133–201). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3932-1_3
- Coelho, I. T. [UNESP. (2016). *Pedagogia histórico-crítica e alfabetização: Elementos para uma perspectiva histórico-crítica do ensino da leitura e da escrita*.
<http://hdl.handle.net/11449/138222>
- Coelho, L. M., Marques, A. J., & Souza, D. G. de. (2019). A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de História. *Revista Educação Pública*, 19(31).

<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/31/a-teoria-da-aprendizagem-significativa-e-o-ensino-de-historia>

Colpo, C. C., & Wenzel, J. S. (2021). ESTRATÉGIA DE LEITURA DE TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA COMO MODO DE POTENCIALIZAR A APROPRIAÇÃO/SIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL. *Revista Valore*, 6, 290–300.

<https://doi.org/10.22408/reva602021807290-300>

Córdoba, M., Alassia, F., & Zambon, A. (2024). Identity in the nanoworld: Processes and contextuality. *Foundations of Chemistry*, 26(3), 413–428.

<https://doi.org/10.1007/s10698-024-09519-9>

Córdoba, M., & Zambon, A. (2017). How to handle nanomaterials? The re-entry of individuals into the philosophy of chemistry. *Foundations of Chemistry*, 19(3), 185–196.

<https://doi.org/10.1007/s10698-017-9283-6>

Corrêa, C. R. G. L. (2017). A relação entre desenvolvimento humano e aprendizagem: Perspectivas teóricas. *Psicologia Escolar e Educacional*, 21, 379–386.

<https://doi.org/10.1590/2175-3539201702131117>

Costa, A. V. L. (2018). DELEUZE E O SENTIDO DA EDUCAÇÃO NA SOCIEDADE DE CONTROLE. *Revista Mediação (ISSN 1980-556X)*, 13(1), Artigo 1.

Costa, F. J. da C., & Magalhães, A. C. (2022). Uso do teatro e ambiente virtual Google Classroom como instrumentos de mediação da aprendizagem no ensino de Química. *Revista Thema*, 21(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.15536/thema.V21.2022.866-885.2095>

Coutinho, M. L., Rocha, M. dos S., & Figueiredo, P. H. B. (2024). Oficina das pilhas: Uma proposta de metodologia ativa para o ensino de eletroquímica. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 7(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2024v7n1.13785>

Croca, J. N. R. (2022). Espaço e Tempo na Física Quântica: O Devir. *Perspectivas*, 7(2), 156–173. <https://doi.org/10.20873/rpv7n2-48>

- Cruz, L. L. da, & Güllich, R. I. da C. (2024). O pensamento crítico e o ensino de ciências no cenário brasileiro: Contribuições e perspectivas para o estado da arte. *Revista Contexto & Educação*, 39(121), Artigo 121. <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2024.121.14090>
- Davidson, D. (1967). *Causal relations*. <https://philpapers.org/rec/DAVCR>
- de Vos, W., van Berkel, B., & Verdonk, A. H. (1994). A Coherent Conceptual Structure of the Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 71(9), 743. <https://doi.org/10.1021/ed071p743>
- Delamuta, B. H., Assai, N. D. de S., & Júnior, S. L. S. (2020). O ensino de Química e as TDIC: Uma revisão sistemática de literatura e uma proposta de webquest para o ensino de Ligações Químicas. *Research, Society and Development*, 9(9), Artigo 9. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.6839>
- DeLanda, M. (2017). Realism and the history of chemistry. *Foundations of Chemistry*, 19(1), 5–15. <https://doi.org/10.1007/s10698-017-9274-7>
- Deleuze, G., & Guattari, F. (2010). *O que é a filosofia?* (3ª edição). Editora 34.
- Deleuze, G., Orlandi, L., & Machado, R. (2021). *Diferença e repetição*. Paz & Terra.
- Demo, P. (1995). *Introdução À Metodologia Da Ciência* (2ª edição). Atlas.
- Di Giacomo, F. (2021). Early theoretical chemistry: Plato's chemistry in Timaeus. *Foundations of Chemistry*, 23(1), 17–30. <https://doi.org/10.1007/s10698-020-09364-6>
- Dias, S. M. da S., & Terra, W. da S. (2021). O USO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO INSTRUMENTO DE ENSINO E AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS RELACIONADOS A QUÍMICA DO PETRÓLEO. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 4(2). <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i2.10989>
- Dirac, P. A. M. (1997). Quantum mechanics of many-electron systems. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 123(792), 714–733. <https://doi.org/10.1098/rspa.1929.0094>

- Drago, A. (2020). A new definition of reduction between two scientific theories: No reduction of chemistry to quantum mechanics. *Foundations of Chemistry*, 22(3), 421–445. <https://doi.org/10.1007/s10698-020-09377-1>
- Durand, Â. M., & Garcia, I. K. (2024). PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: AS REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO DE ACORDO COM OS MODELOS MENTAIS. *PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: AS REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO DE ACORDO COM OS MODELOS MENTAIS*, 25(3), 108–144. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p108>
- Earley, J. E. (2004). Would Introductory Chemistry Courses Work Better with a New Philosophical Basis? *Foundations of Chemistry*, 6(3), 137–160. <https://doi.org/10.1023/B:FOCH.0000034992.42777.95>
- Earley, J. E. (2005). Why there is No Salt in the Sea. *Foundations of Chemistry*, 7(1), 85–102. <https://doi.org/10.1023/B:FOCH.0000042881.05418.15>
- Evaristo, G. F., Guilherme, C. R. de F., & Almeida, V. L. C. G. de. (2020). Avaliando o potencial do jogo didático “The Wall Chemistry Game” para o ensino de cinética química. *ACTIO: Docência Em Ciências*, 5(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.3895/actio.v5n1.10854>
- Fagundes, J. V., Zara, K. R. de F., & Oliveira, M. M. (2021). IDENTIFICANDO OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO ENSINO DE RADIOATIVIDADE. *Revista Valore*, 6, 968–979. <https://doi.org/10.22408/reva602021953968-979>
- Filgueiras, J. de S., Silveira, F. A., & Vasconcelos, A. K. P. (2023). Uma Sequência Didática nos conceitos correlatos ao estudo da vitamina C presente nas polpas de frutas. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 6(4), Artigo 4. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n4.13334>
- Filho, E. B., Cavagis, A. D. M., Cesar, R. de M., & Benedetti, L. P. dos S. (2020). A importância do emprego de um jogo de cartas para a revisão da nomenclatura de ácidos e bases. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 13(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.3895/rbect.v13n3.10906>

- Fortin, S., Lombardi, O., & Martínez González, J. C. (2016). Isomerism and decoherence. *Foundations of Chemistry*, 18(3), 225–240. <https://doi.org/10.1007/s10698-016-9251-6>
- Foucault, M. (2021). *As Palavras e as Coisas: Uma Arqueologia das Ciências Humanas*. Martins Fontes - selo Martins.
- França, F. L. (2021). *O particular e o universal sob a perspectiva da possibilidade de reconciliação em Theodor Adorno* [Tese, Universidade Federal de Minas Gerais]. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/45021>
- Freitas, H. W. da S., Sampaio, C. de G., & Barroso, M. C. da S. (2022). Metodologias para o ensino de ligações químicas na Educação Básica: Uma revisão sistemática de literatura. *Research, Society and Development*, 11(8), Artigo 8. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30638>
- Friend, M. (2020). The beginnings of a formal language for conceptual analysis of processes in macro-chemistry. *Foundations of Chemistry*, 22(1), 31–42. <https://doi.org/10.1007/s10698-019-09343-6>
- Gambini, R., Lewowicz, L., & Pullin, J. (2015). Quantum mechanics, strong emergence and ontological non-reducibility. *Foundations of Chemistry*, 17(2), 117–127. <https://doi.org/10.1007/s10698-015-9224-1>
- García Zerecero, G. (2020). Molecular models and scientific realism. *Foundations of Chemistry*, 22(3), 467–476. <https://doi.org/10.1007/s10698-020-09363-7>
- Garrison, J. W., & Bentley, M. L. (2010). Teaching Scientific Method: The Logic of Confirmation and Falsification | Request PDF. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/229507128_Teaching_Scientific_Method_The_Logic_of_Confirmation_and_Falsification
- Ghibaudi, E., & Cerruti, L. (2017). Chemical substance, material, product, goods, waste: A changing ontology. *Foundations of Chemistry*, 19(2), 97–123. <https://doi.org/10.1007/s10698-017-9281-8>

- Ghibaudi, E., Ghirardi, M., & Regis, A. (2024). Are there distinct views of chemistry behind the old and the new definition of mole? *Foundations of Chemistry*, 26(3), 385–398. <https://doi.org/10.1007/s10698-024-09515-z>
- Giffoni, J. de S., Barroso, M. C. da S., & Sampaio, C. de G. (2020). Aprendizagem significativa no ensino de Química: Uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. *Research, Society and Development*, 9(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3416>
- Gilead, A. (2019). Further light on the philosophical significance of Mackay's theoretical discovery of crystalline pure possibilities. *Foundations of Chemistry*, 21(3), 285–296. <https://doi.org/10.1007/s10698-018-9323-x>
- Gillespie, R. J. (1997). The Great Ideas of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74(7), 862. <https://doi.org/10.1021/ed074p862>
- Gomes, R. da V., Sivico, M. J., Ventura, L. A., & Mendes, A. N. F. (2021). Produção e desenvolvimento de jogos didáticos no ensino de Química: Caminhos alternativos adotados com relação a Educação Inclusiva. *Research, Society and Development*, 10(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15574>
- González, J. C. M., Fortin, S., & Lombardi, O. (2019). Why molecular structure cannot be strictly reduced to quantum mechanics. *Foundations of Chemistry*, 21(1), 31–45. <https://doi.org/10.1007/s10698-018-9310-2>
- Grando, J. W., & Cleophas, M. das G. (2020). “Para não ser um professor do século passado”: Uma revisão sobre os 150 anos da Tabela Periódica e a Aprendizagem Móvel em Química. *Research, Society and Development*, 9(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3567>
- Grossman, N. K. (2019). *Conversations with Socrates and Plato: How A Post-Materialist Social Order Can Solve The Challenges Of Modern Life And Insure Our Survival*. Iff Books.
- Guangrui, Z., Machado, V. T., Chianello, K. P. da L., Revelles, R. da S., Silva, M. dos S., & Souza, E. M. F. da R. de. (2025). DESAFIOS DO ENSINO DE GEOGRAFIA E

- NOVAS PERSPECTIVAS COM USO DE GEOINFORMAÇÃO | Request PDF. Em *ResearchGate*. <https://doi.org/10.22533/at.ed.1802325088>
- Guttinger, S. (2021). *Process and Practice: Understanding the Nature of Molecules*. 27(1), 47–66.
- Haag, D., & Kaupenjohann, M. (2000). *Biogeochemical Models in the Environmental Sciences*. 6(2), 117–142.
- Hardy-Vallée, B. (2021). *Que é um Conceito?* Parábola Editorial.
- Harré, R. (2005). Chemical Kinds and Essences Revisited. *Foundations of Chemistry*, 7(1), 7–30. <https://doi.org/10.1023/B:FOCH.0000042885.93975.69>
- Harré, R. (2010). Causal concepts in chemical vernaculars. *Foundations of Chemistry*, 12(2), 101–115. <https://doi.org/10.1007/s10698-010-9091-8>
- Harré, R. (2011). Do explanation formats in elementary chemistry depend on agent causality? *Foundations of Chemistry*, 13(3), 187–200. <https://doi.org/10.1007/s10698-011-9120-2>
- Harré, R., & Llored, J.-P. (2011). Mereologies as the grammars of chemical discourses. *Foundations of Chemistry*, 13(1), 63–76. <https://doi.org/10.1007/s10698-011-9103-3>
- Hartmann, N., & Peterson, K. (2019). *Ontology: Laying the Foundations*. de Gruyter.
- Haupt, F. T., Raupp, D. T., & Lavayen, V. (2021). A UTILIZAÇÃO DE ORGANIZADORES PRÉVIOS PARA O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA: UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 4(2). <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i2.11599>
- Headley, C. (2023). Natural kinds, chemical practice, and interpretive communities. *Foundations of Chemistry*, 25(1), 167–187. <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09459-2>
- Heidegger, M., & Cavalcante, M. S. (2015). *Ser e tempo* (10ª edição). Editora Vozes.
- Heis, J. (2014). Kant's Construction of Nature. *The Philosophical Review*, 123(3), 342–354. <https://doi.org/10.1215/00318108-2683549>

- Hendry, R. F. (2005). Book Review: Jaap van Brakel: *Philosophy of Chemistry: Between the Manifest and the Scientific Image* Leuven University Press, Leuven, 2000, xiv + 246 pp., ISBN 90-5867-063-5. *Foundations of Chemistry*, 7(2), 187–197.
<https://doi.org/10.1007/s10698-004-0491-5>
- Hendry, R. F. (2006). Elements, Compounds, and Other Chemical Kinds. *Philosophy of Science*, 73(5), 864–875. <https://doi.org/10.1086/518745>
- Hendry, R. F. (2012). Chemical substances and the limits of pluralism. *Foundations of Chemistry*, 14(1), 55–68. <https://doi.org/10.1007/s10698-011-9145-6>
- Hettema, H. (2009). Explanation and theory formation in quantum chemistry. *Foundations of Chemistry*, 11(3), 145–174. <https://doi.org/10.1007/s10698-009-9075-8>
- Hettema, H. (2014). Linking chemistry with physics: A reply to Lombardi. *Foundations of Chemistry*, 16(3), 193–200. <https://doi.org/10.1007/s10698-014-9200-1>
- Hochheimer, L. (s. d.). *Ontology, the Theory of Being: An Introduction to General Metaphysics*. Forgotten Books.
- Hume, D. (2023). *Investigação Sobre o Entendimento Humano*. Editora Lafonte.
- Hume, D., & Danowski, D. (2009). *Tratado da natureza humana - 2ª edição: Uma tentativa de introduzir o método experimental de raciocínio nos assuntos morais*. Editora Unesp.
- Jaimes Arriaga, J. A., Fortin, S., & Lombardi, O. (2019). A new chapter in the problem of the reduction of chemistry to physics: The Quantum Theory of Atoms in Molecules. *Foundations of Chemistry*, 21(1), 125–136. <https://doi.org/10.1007/s10698-018-09332-1>
- Junior, E. do L. A., Mueller, E. R., & Batalini, C. (2020). Processos de alisamento capilar como tema contextualizador para o ensino de Química Orgânica. *Research, Society and Development*, 9(12), Artigo 12. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10878>
- Kant, I., & Mattos, F. C. (2015). *Crítica da razão pura* (4ª edição). Editora Vozes.
- Kripke, S. A. (1998). *Naming and Necessity*. Wiley-Blackwell.
- Laszlo, P. (2014). *Chemistry, Knowledge Through Actions?* 20(1), 93–116.

- Laurenti, C., & Cass, M. J. R. (2007). EXPLICAÇÃO CAUSAL NA FILOSOFIA DE FRANCIS BACON E O MODELO PADRÃO DE EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA. *Revista Dissertatio de Filosofia*, 26, 137–153. <https://doi.org/10.15210/dissertatio.v26i0.8893>
- Leão, M. F., Oliveira, E. C., Guerra, C., & Pino, J. C. D. (2024). Estudo dos alimentos na educação de jovens e adultos e o ensino de química. *Estudo Dos Alimentos Na Educação de Jovens e Adultos e o Ensino de Química*, 7(1), 350–368. <https://doi.org/10.26568/2359-2087.2020.3704>
- Leite, B. S. (2023). INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ENSINO DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE PROPEDEÚTICA DO CHATGPT NA DEFINIÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS. *Química Nova*, 46, 915–923. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230059>
- Lewis, D. (1983). New work for a theory of universals. *Australasian Journal of Philosophy*, 61(4), 343–377. <https://doi.org/10.1080/00048408312341131>
- Lewowicz, L., & Lombardi, O. (2013). Stuff versus individuals. *Foundations of Chemistry*, 15(1), 65–77. <https://doi.org/10.1007/s10698-012-9152-2>
- Liborio Dibattista, & Morgese, F. (2013). Introducing History (and Philosophy) of Science in the Classroom: A Field Research Experience in Italy. *Science & Education*, 22(3), 543–576. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9436-x>
- Liu, W., Li, X., & Li, G. (2023). The Contributions of Philosophy of Science in Science Education Research: A Literature Review. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00485-w>
- Llored, J.-P. (2010). Mereology and quantum chemistry: The approximation of molecular orbital. *Foundations of Chemistry*, 12(3), 203–221. <https://doi.org/10.1007/s10698-010-9092-7>
- Llored, J.-P. (2012). Emergence and quantum chemistry. *Foundations of Chemistry*, 14(3), 245–274. <https://doi.org/10.1007/s10698-012-9163-z>
- Lombardi, O., & Castagnino, M. (2010). Matters are not so clear on the physical side. *Foundations of Chemistry*, 12(2), 159–166. <https://doi.org/10.1007/s10698-010-9090-9>

- Lombardi, O., & Labarca, M. (2005). The Ontological Autonomy Of The Chemical World. *Foundations of Chemistry*, 7(2), 125–148. <https://doi.org/10.1007/s10698-004-0980-6>
- Lopes, C. A. P., Becker-Ritt, A. B., & Azambuja, L. L. (2024). GAMIFICAÇÃO NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): ENSINO DE QUÍMICA ATRAVÉS DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE NECROCHORUME. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 12, e24034–e24034. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.16844>
- Lopes, C. P., & Silva, D. da. (2022). O Ensino de Tabela Periódica: Um olhar para alguns periódicos da área. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 5(4), Artigo 4. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n4.12893>
- Lorenson, G. A., Pereira, G. A., & Mariano, N. M. (2020). O uso do jogo no processo de ensino e aprendizagem da tabela periódica: Avaliação de uma intervenção do estágio de regência em química. *Research, Society and Development*, 9(8), Artigo 8. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5324>
- Loux, D. of P. M. J., & Crisp, T. M. (2017). *Metaphysics: A Contemporary Introduction*. Routledge.
- Lowe, E. J. (2007). *The Four-Category Ontology: A Metaphysical Foundation for Natural Science*. Clarendon Press.
- Lüdke, M., & André, M. E. D. A. (2022). *Pesquisa em Educação—Abordagens Qualitativas* (2º edição). E.P.U.
- Ludwig, D., & Ruphy, S. (2024). Scientific Pluralism. Em E. N. Zalta & U. Nodelman (Org.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2024). Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/fall2024/entries/scientific-pluralism/>
- Lukács, G. (1968). *Introdução a uma estética marxista*. Genérico.
- Maraschin, A. de A., & Lindemann, R. H. (2024). Paulo Freire e Educação Estético-Ambiental: O ensino de Química a partir do trabalho no tambo de leite. *Revista*

- Insignare Scientia - RIS*, 7(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2024v7n1.14201>
- Marques, J. F. Z. M., Drehmer-Marques, K. C., & Brancher, V. R. (2020). Sequência Didática sobre qualidade do ar: Possibilidades para o Ensino de Química contextualizado. *Revista Tempos e Espaços em Educação*, 13(32), Artigo 32. <https://doi.org/10.20952/revtee.v13i32.13431>
- Marra, N. N. S., & Corrêa, R. G. (2024). ESTUDO INTERPRETATIVO DE FALAS DE PROFESSORES(AS) DE QUÍMICA SOBRE CURRÍCULO: CONCEITO, TEORIAS E FORMAÇÃO DOCENTE. *ESTUDO INTERPRETATIVO DE FALAS DE PROFESSORES(AS) DE QUÍMICA SOBRE CURRÍCULO: CONCEITO, TEORIAS E FORMAÇÃO DOCENTE*, 29(2), 479–497. <https://doi.org/doi:10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p479>
- Martins, M. R. (2020). *Uma abordagem histórica sobre conceitos de força nos séculos XVII e XVIII: Compreensão acerca do processo de transposição didática no contexto acadêmico* [Universidade Estadual de Maringá]. <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5926>
- Martins, S. T., & Fernandes, C. dos S. (2020). O TEATRO CIENTÍFICO: Uma estratégia didática para o ensino de química. *Revista Pedagógica*, 22, 1–20. <https://doi.org/10.22196/rp.v22i0.4022>
- Matta, C. F., Lombardi, O., & Jaimes Arriaga, J. (2020). Two-step emergence: The quantum theory of atoms in molecules as a bridge between quantum mechanics and molecular chemistry. *Foundations of Chemistry*, 22(1), 107–129. <https://doi.org/10.1007/s10698-020-09352-w>
- Monteiro, E. P., Libório, R. M., Teixeira, Y. B. da S., & Nascimento, M. da S. (2022). Ensino por Investigação em aulas de Química: Construindo a argumentação através da problemática “Por que as bananas escurecem?” *Revista Insignare Scientia - RIS*, 5(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n1.12450>
- Moreira. (2011). *Epistemologias Sec. XX* (1ª edição). E.P.U.

- Moreland, J. P., & Craig, W. L. (2017). *Philosophical Foundations for a Christian Worldview*. IVP Academic.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2002). ATIVIDADE DISCURSIVA NAS SALAS DE AULA DE CIÊNCIAS: UMA FERRAMENTA SOCIOCULTURAL PARA ANALISAR E PLANEJAR O ENSINO. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), Artigo 3.
- Nébias, C. (1999). Formação dos conceitos científicos e práticas pedagógicas. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 3(1), 133–140. <https://doi.org/10.1590/S1414-32831999000100011>
- Needham, P. (2006). ONTOLOGICAL REDUCTION: A COMMENT ON LOMBARDI AND LABARCA. *Foundations of Chemistry*, 8(1), 73–80. <https://doi.org/10.1007/s10698-005-9002-6>
- Neto, H. da S. M. (2024). ENSINO DA QUÍMICA NA PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA: CONSIDERAÇÕES SOBRE CONTEÚDO E FORMA PARA PENSARMOS O TRABALHO PEDAGÓGICO CONCRETO. *ENSINO DA QUÍMICA NA PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA: CONSIDERAÇÕES SOBRE CONTEÚDO E FORMA PARA PENSARMOS O TRABALHO PEDAGÓGICO CONCRETO*, 27(2), 271–293. <https://doi.org/DOI:10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p271>
- Neto, O. C. de P. (2018). Forma platônica e Substância aristotélica. *Argumentos - Revista de Filosofia*, 10(19). <https://doi.org/10.36517/arf.v10i19.32029>
- Niculau, E. dos S., Oliveira, D. A. B. de, & Oliveira, Í. M. (2023). Biodiesel: Um tema gerador para o estudo da química do éster e poluição atmosférica. *Research, Society and Development*, 12(7), Artigo 7. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i7.42611>
- Ochiai, H. (2017). Does a molecule have structure? *Foundations of Chemistry*, 19(3), 197–207. <https://doi.org/10.1007/s10698-017-9284-5>
- Ogborn, J. (2008). *Explaining Science In The Classroom*. Open University Press.
- Okasha, S. (2002). *Philosophy of Science: A Very Short Introduction*. Oxford University Press.

- Oliveira, D. A. B. de, & Gomes, V. B. (2021). Uma crítica ao reducionismo filosófico da Química à Mecânica Quântica como elemento fundamental para a formação de professor. *Uma crítica ao reducionismo filosófico da Química à Mecânica Quântica como elemento fundamental para a formação de professor*, 27(1), e21074.
<https://doi.org/doi.org/10.1590/1516-731320210074>
- Oliveira, L. R. de, Lopes, B. G., Ferreira, J. L. A., & Figueirêdo, A. M. T. A. de. (2022). Sequência didática: Aplicação remota de conceitos químicos no ensino médio para uma discente surda. *Research, Society and Development*, 11(5), Artigo 5.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28254>
- Oliveira, L. A. B., Carbo, L., & Rocha, E. F. da. (2022). O ENSINO DE QUÍMICA POR INVESTIGAÇÃO EM UM LIVRO DIDÁTICO: ANÁLISE DA ABORDAGEM EXPERIMENTAL. *Revista Prática Docente*, 7(2), Artigo 2.
<https://doi.org/10.23926/RPD.2022.v7.n2.e22042.id1489>
- Oliveira, W. J. C., & Mueller, E. R. (2023). Esquemas de assimilação revelados por estudantes do terceiro ano do Ensino Médio sobre os conceitos de ácidos e bases. *Research, Society and Development*, 12(7), Artigo 7. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i7.42425>
- Oppenheim, P., & Putnam, H. (1958). Unity of Science as a Working Hypothesis. *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, 2, 3–36.
- Paneth, F. A. (2003). The epistemological status of the chemical concept of element. *Foundations of Chemistry*, 5(2), 113–145. <https://doi.org/10.1023/A:1023600703644>
- Patriota, R. C. (2010). *A relação sujeito-objeto na Estética de Georg Lukács: Reformulação e desfecho de um projeto interrompido* [Universidade Federal de Minas Gerais].
<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ARBZ-85KH2Z>
- Penick, J. E. (1998). Ensinando “alfabetização científica”. *Educar em Revista*, (14), 91–113.
- Piaget, J., & Cabral, Á. (2022). *Epistemologia genética*. WMF Martins Fontes.
- Pisano, R., Pellegrino, E. M., Anakkar, A., & Nagels, M. (2021). Conceptual polymorphism of entropy into the history: Extensions of the second law of thermodynamics towards

- statistical physics and chemistry during nineteenth–twentieth centuries. *Foundations of Chemistry*, 23(3), 337–378. <https://doi.org/10.1007/s10698-021-09401-y>
- Prado, L. do, & Tavares, F. D. (2020). Energia no dia a dia: Análise de uma sequência didática ministrada no Ensino Médio. *Revista Thema*, 17(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.15536/thema.V17.2020.658-674.1579>
- Prentner, R. (2017). Chemistry, context and the objects of thought. *Foundations of Chemistry*, 19(1), 29–41. <https://doi.org/10.1007/s10698-017-9273-8>
- Psarros, N. (2001). The Lame and the Blind, or how much Physics does Chemistry Need? *Foundations of Chemistry*, 3(3), 241–249. <https://doi.org/10.1023/A:1012982928838>
- Quevedo, L. M. de A., & Zucolotto, A. M. (2020). A experimentação na perspectiva de professores de Química da rede pública estadual de Porto Alegre. *Educação Por Escrito*, 11(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.15448/2179-8435.2020.1.33345>
- Quine, W. V. (1969). *The Ontological Relativity and Other Essays: An Environmental Exploration of the Hebrew Scriptures*. Columbia University Press.
- Quine, W. V. O., Churchland, P. S., & Follesdal, D. (2013). *Word and Object, New Edition*. MIT Press.
- Quiroz, W., Morales-Aguilar, R., & Perez, P. A. (2024). A general definition of the concept of chemical speciation, chemical species transformation and chemical species evolution based on a semantics of meaning. *Foundations of Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s10698-024-09529-7>
- Ramberg, P. J. (2021). Eric Scerri and Elena Ghibaudi, eds: What is an element? A collection of essays by chemists, philosophers, historians, and educators. *Foundations of Chemistry*, 23(3), 465–473. <https://doi.org/10.1007/s10698-021-09406-7>
- Rampinini, F. (2020). Kant on the Necessity of the Empirical Laws of Nature. *Con-Textos Kantianos*, 1(12), 598–602. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4304150>

- Reis, A. M. S. dos, & Kavalek, D. S. (2023). Educação do Campo e mereologia química: Aproximações possíveis no estudo de átomo e molécula. *Kiri-Kerê - Pesquisa em Ensino*, 1(16), Artigo 16. <https://doi.org/10.47456/krkr.v1i16.41118>
- Rescher, N. (1996). *Process Metaphysics: An Introduction to Process Philosophy*. State University of New York Press.
- Rezende, F. A. de M., Santos, G. A. dos, Filho, S. S. da S., & Ferreira, E. de A. (2020). A CONSTRUÇÃO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHOS UTILIZANDO A FERRAMENTA PIXTON: UMA ALTERNATIVA PARA AVALIAÇÃO/ENSINO DE QUÍMICA A PARTIR DO REFERENCIAL PIAGETIANO. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 4(1), Artigo 1.
- Ribeiro, M. A. P. (2014). *Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores: Contributos para uma filosofia do ensino* [doctoralThesis]. <https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10451/12152>
- Ribeiro, M. A. P., & Pereira, D. C. (2013). Constitutive Pluralism of Chemistry: Thought Planning, Curriculum, Epistemological and Didactic Orientations. *Science & Education*, 22(7), 1809–1837. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9434-4>
- Riesmeier, M. (2025). An interactive approach to the notion of chemical substance and the case of water. *Foundations of Chemistry*, 27(1), 47–58. <https://doi.org/10.1007/s10698-024-09504-2>
- Riquiere, T. B., & Amaral, F. P. do. (2024). SEQUÊNCIA DIDÁTICA E QUEIMADAS: UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO PARA O ESTUDO DE TERMOQUÍMICA. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 12, e24063–e24063. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.17571>
- Rocke, A. (2013). What did “theory” mean to nineteenth-century chemists? *Foundations of Chemistry*, 15(2), 145–156. <https://doi.org/10.1007/s10698-013-9184-2>
- Rodrigues, A. D. de L., & Dantas, J. M. (2024). A Reforma do Ensino Médio em Consonância com as Mudanças do PNLD: A Desarticulação de Conceitos Científicos na Disciplina de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, e52124-29. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2024u10591087>

- Romero, G. E. (2017). *On the Ontology of Spacetime: Substantivalism, Relationism, Eternalism, and Emergence*. <https://philarchive.org/rec/ROMOTO-2>
- Roscoff, T. L., Rufino, M. de L., Nunes, J. da S., & Sangiogo, F. A. (2022). Uma Proposta de Ensino de Química com a Temática Covid-19 e Medicamentos. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 5(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n2.13014>
- Russell, B. (1914). *Our Knowledge of the External World as a Field for Scientific Method in Philosophy*. Forgotten Books.
- Ruthenberg, K. (2024). Bifurcations. *Foundations of Chemistry*, 26(2), 213–224. <https://doi.org/10.1007/s10698-023-09484-9>
- Ruthenberg, K., & Harré, R. (2012). Philosophy of chemistry as intercultural philosophy: Jaap van Brakel. *Foundations of Chemistry*, 14(3), 193–203. <https://doi.org/10.1007/s10698-012-9161-1>
- Ruthenberg, K., & Mets, A. (2020). Chemistry is pluralistic. *Foundations of Chemistry*, 22(3), 403–419. <https://doi.org/10.1007/s10698-020-09378-0>
- Sales, M. F. de, Silva, J. S. da, Haraguchi, S. K., & Souza, G. A. P. (2020). JORNADA RADIOATIVA: UM JOGO DE TABULEIRO PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 4(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.30691/relus.v4i2.2307>
- Salmon, J. F. (2009). Emergence in evolution. *Foundations of Chemistry*, 11(1), 21–32. <https://doi.org/10.1007/s10698-008-9059-0>
- Sánchez Gómez, P. J. (2013). The semantics of chemical education: Constructivism, externalism and the language of chemistry. *Foundations of Chemistry*, 15(1), 103–116. <https://doi.org/10.1007/s10698-011-9130-0>
- Santos, A. O., Oliveira, G. S. de, Rodrigues, M. do C., & Borges, J. R. A. (2021). O ENSINO-APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA: CONTRIBUIÇÕES DE NOVAK E A TEORIA DOS MAPAS CONCEITUAIS. 20(46), 180–203.
- Santos, E. de S., Oliveira, E. de, Brito, L. V., Oliveira, A. C. de, & Oliveira, J. C. de C. (2014). O ensino de química por meio da reutilização do óleo usado na cozinha e a

- necessidade da formação de conceito de Educação Ambiental. *Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online)*, 8(02), Artigo 02.
<https://doi.org/10.24979/bolmirr.v8i02.769>
- Santos, S. de Q. V. B. (2024). Problemas Ontológicos dos Conceitos Químicos: Uma revisão bibliográfica. *Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química*, 5(01), Artigo 01.
<https://doi.org/10.56117/resbenq.2024.v5.e052413>
- Santos, V. S., & Siqueira, R. M. (2022). CHÁS E INFUSÕES NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA OFICINA TEMÁTICA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS. *Revista de Estudos em Educação e Diversidade - REED*, 3(7), Artigo 7.
<https://doi.org/10.22481/reed.v3i7.10246>
- Sassi, M. M., Xavier, D. G., Paroni, B. A., & Trench, D. (2024). *Os inícios da filosofia na Grécia. Ainda.*
- Scardini, F., Braga, G. P. P. H., Barbosa, L. T., & Mendes, A. N. F. (2024). Elaboração do jogo “banco da química”: Uma ação de intervenção didática do pibid de licenciatura em química da Ufes/Ceunes. *Kiri-Kerê - Pesquisa em Ensino*, 1(17), Artigo 17.
<https://doi.org/10.47456/krkr.v1i17.44526>
- Scerri, E. R. (2004). Just how ab initio is ab initio quantum chemistry? *Foundations of Chemistry*, 6(1), 93–116. <https://doi.org/10.1023/B:FOCH.0000020998.31689.16>
- Scerri, E. R. (2023). Interview with Olimpia Lombardi. *Foundations of Chemistry*, 25(1), 101–117. <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09453-8>
- Schummer, J. (2014). The Preference of Models over Laws of Nature in Chemistry. *European Review*, 22(S1), S87–S101. <https://doi.org/10.1017/S1062798713000781>
- Schummer, J., Scerri, E. R., McIntyre, L., & Baird, D. (2006). The Philosophy of Chemistry. Em *Boston Studies in the Philosophy of Science*. https://doi.org/10.1007/1-4020-3261-7_2
- Seifert, V. A. (2024). The value of laws in chemistry. *Foundations of Chemistry*, 26(3), 355–368. <https://doi.org/10.1007/s10698-024-09523-z>

- Sharlow, M. F. (2006). Chemical elements and the problem of universals. *Foundations of Chemistry*, 8(3), 225–242. <https://doi.org/10.1007/s10698-006-9016-8>
- Silva, F. K. D. da, Silva, V. S. da, Soares, A. C., Sangiogo, F. A., & Pastoriza, B. dos S. (2024). Perfil Epistemológico e Perfil Conceitual: Usos, Abusos e Confusões? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, e53905-31. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2024u12111241>
- Silva, L. A. da, & Neto, J. E. S. (2021). Perfil cienciométrico sobre a abordagem do conceito de Energia em trabalhos publicados no Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ). *Pesquisa e Ensino*, 2, 202136–202136. <https://doi.org/10.37853/202136>
- Silva, L. S. da. (2015). *A individualidade nos escritos ontológicos de Lukács* [Tese, Universidade Federal de Minas Gerais]. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/46602>
- Silva, M. M. da, Oliveira, G. S. de, & Silva, G. O. da. (2021). A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA NOS ESTUDOS CIENTÍFICOS DE NATUREZA QUALITATIVOS. *Revista Prisma*, 2(1), Artigo 1.
- Silva, M. R. G. da, Onofre, E. G., & Júnior, A. I. D. (2024). O Ensino de Química a partir de problemas: Um Estudo de Caso abordando a temática consumo de água em uma turma de 1º ano do Ensino Médio. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 7(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2024v7n2.14209>
- Silva, R. C. da, & Bizerra, A. M. C. (2021). USO DE MAPAS CONCEITUAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 9(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i3.12109>
- Silva, S. da S. K. S. da, & Fonseca, L. S. da. (2021). NEUROCIÊNCIA E EDUCAÇÃO: ESTRATÉGIAS MULTISSENSORIAIS PARA A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA MOLECULAR - ProQuest. *NEUROCIÊNCIA E EDUCAÇÃO: ESTRATÉGIAS MULTISSENSORIAIS PARA A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA MOLECULAR - ProQuest*, 26(1), 1–26. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26nID01>

- Silva, J. L. de P. B., & Lima, C. M. C. F. (2020). Contribuições do Desenvolvimento Histórico-Cultural dos Conceitos de Ácido e de Base para o Ensino de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 157–191.
<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u157191>
- Silva, M. D. N., & Pinheiro, E. B. F. (2021). Compostos bioativos: Uma contribuição para o ensino de Funções Orgânicas no curso de Licenciatura em Química. *Research, Society and Development*, 10(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13742>
- Silva, R. dos S., Silva, M. A. A., & Silva, J. G. da. (2020). OS LIMITES E POTENCIALIDADES DE UMA OFICINA TEMÁTICA COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA. *Revista de Estudos em Educação e Diversidade - REED*, 1(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.22481/reed.v1i2.7197>
- Silva, R. S. (2021). EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A FORMAÇÃO DA FERRUGEM. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 9(2), Artigo 2.
<https://doi.org/10.26571/reamec.v9i2.12744>
- Silveira, F. A., Vasconcelos, A. K. P., & Sampaio, C. de G. (2022). EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO TÓPICO CHUVA ÁCIDA: ESTRATÉGIA DE ENSINO NA FORMAÇÃO INICIAL DOCENTE CONSOANTE O CONTEXTO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC*, 12(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.31512/encitec.v12i1.557>
- Smith, B. (2003). *Ontology*. <https://philarchive.org/rec/SMIO-11>
- Smith, B. (2004, novembro 6). *Beyond Concepts: Ontology as Reality Representation*. International Conference on Formal Ontology and Information Systems.
https://www.researchgate.net/publication/244107491_Beyond_Concepts_Ontology_as_Reality_Representation
- Soares, I. S., Porto, V. A., Tonholo, J., & Porto, R. S. (2020). Empreendedorismo no ensino de Química no Brasil: Um estudo de caso. *Research, Society and Development*, 9(11), Artigo 11. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10316>

- Sobrinho, M. F., Fernandes, P., & Gonçalves, E. A. (2017). PERCURSO E DIVERSIDADE EPISTEMOLÓGICA DA PESQUISA EM EDUCAÇÃO: tensionamentos e possibilidades. *ResearchGate*, 23(91), 91–101. <https://doi.org/10.18764/2178-2229.v.23n.especial/p.91-101>
- Sousa, B. M. de, Souza, J. P. da S., & Baldinato, J. O. (2023). Experimentos históricos nos livros didáticos: Implicações para o ensino de química. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 40(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2023.e93230>
- Sousa, J. T., Fonseca, G. C., & Yamaguchi, K. K. de L. (2020). Residência Pedagógica: O ensino de química e o uso da experimentação como estratégia facilitadora para o aprendizado. *Kiri-Kerê - Pesquisa em Ensino*, 2(5), Artigo 5. <https://doi.org/10.47456/krkr.v2i5.32613>
- SOUZA, R. M. D., ARALDI, G. S., & SAIBRO, A. J. G. D. (2024). A CIÊNCIA E OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EM GASTON BACHELARD. 7(1), 1–16.
- Stein, R. L. (2006). A Process Theory of Enzyme Catalytic Power – the Interplay of Science and Metaphysics. *Foundations of Chemistry*, 8(1), 3–29. <https://doi.org/10.1007/s10698-005-7907-8>
- Stein, R. L. (2025). What does chemical change tell us about the nature of reality? An exercise in scientific metaphysics. *Foundations of Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s10698-025-09533-5>
- Strawson, P. F., & Smith, P. J. (2019). *Indivíduos: Um ensaio de metafísica descritiva*. Editora Unesp.
- Sukumar, N. (2009). The chemist's concept of molecular structure. *Foundations of Chemistry*, 11(1), 7–20. <https://doi.org/10.1007/s10698-008-9060-7>
- Sukumar, N. (2013). The atom in a molecule as a mereological construct in chemistry. *Foundations of Chemistry*, 15(3), 303–309. <https://doi.org/10.1007/s10698-012-9171-z>
- Taber, K. S. (2020). Conceptual confusion in the chemistry curriculum: Exemplifying the problematic nature of representing chemical concepts as target knowledge.

- Foundations of Chemistry*, 22(2), 309–334. <https://doi.org/10.1007/s10698-019-09346-3>
- Talanquer, V. (2016). Central Ideas in Chemistry: An Alternative Perspective. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 3–8. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00434>
- Targino, A. R. L., & Giordan, M. (2021). Retextualização do texto literário de divulgação científica A Tabela Periódica no ensino de Química. *Educação e Pesquisa*, 47, e221413–e221413. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202147221413>
- Thyssen, P. (2024). Are acids natural kinds? *Foundations of Chemistry*, 26(2), 225–253. <https://doi.org/10.1007/s10698-023-09485-8>
- Tontini, A. (1999). *Developmental Aspects of Contemporary Chemistry*. 5(1), 57–76.
- Van Berkel, B., De Vos, W., Verdonk, A. H., & Pilot, A. (2000). Normal Science Education and its Dangers: The Case of School Chemistry. *Science & Education*, 9(1), 123–159. <https://doi.org/10.1023/A:1008765531336>
- Vančik, H. (2003). Philosophy of Chemistry and Limits of Complexity. *Foundations of Chemistry*, 5(3), 237–247. <https://doi.org/10.1023/A:1025656727195>
- Vančik, H. (2023). From complexity to systems. *Foundations of Chemistry*, 25(3), 345–358. <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09455-6>
- Vieira, D. de O., Braga, M. B. P., Passos, R. R., & Farias, S. de A. (2021). ESTUDOS SOBRE O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CONCEITOS EM ELETROQUÍMICA: UMA REVISÃO. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC*, 11(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.31512/encitec.v11i1.388>
- Vieira, S. A. (1995). O livro ? Da Metafísica de Aristóteles: Ontologia - a Ciência do Ser enquanto Ser. *Princípios: Revista de Filosofia (UFRN)*, 2(03), 155–165.
- Vihalemm, R. (2011). The autonomy of chemistry: Old and new problems. *Foundations of Chemistry*, 13(2), 97–107. <https://doi.org/10.1007/s10698-010-9094-5>
- Vivas-Reyes, R. (2024). Clashing perspectives: Kantian epistemology and quantum chemistry theory. *Foundations of Chemistry*, 26(2), 291–300. <https://doi.org/10.1007/s10698-024-09508-y>

- Weinstein, M. (2016). The periodic table and the model of emerging truth. *Foundations of Chemistry*, 18(3), 195–212. <https://doi.org/10.1007/s10698-016-9252-5>
- Werneck, V. R. (2006). Sobre o processo de construção do conhecimento: O papel do ensino e da pesquisa. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 14, 173–196. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362006000200003>
- Whitehead, A. N. (1985). *Process and Reality*. Free Press.
- Wittgenstein, L., & Santos, L. H. L. D. (1993). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Edusp.
- Zanuzzo, V., Locatelli, A., & Mistura, C. M. (2022). O ensino de Química por meio da abordagem da alimentação saudável e sustentável. *Research, Society and Development*, 11(10), Artigo 10. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.31979>

