



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS  
CIÊNCIAS

ISADORA MELO GONZALEZ

COMPOSIÇÃO QUÍMICA: ESTUDOS SEMIÓTICOS E  
PSICOLÓGICOS

Salvador - Ba  
Agosto 2016

# COMPOSIÇÃO QUÍMICA: ESTUDOS SEMIÓTICOS E PSICOLÓGICOS

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia, e da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito para a obtenção do grau de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva

Salvador - Ba  
Agosto 2016

Gonzalez, Isadora Melo

Composição química: estudos semióticos e psicológicos/  
Isadora Melo Gonzalez. -- Salvador, 2016.

252 f. : il

Orientador: José Luis de Paula Barros Silva.

Tese (Doutorado - Doutorado em Ensino, Filosofia e  
História das Ciências) -- Universidade Federal da Bahia,  
Instituto de Física, 2016.

1. Linguagem química. 2. Signo. 3. Psicologia  
histórico-cultural. 4. Formação de professores. I. Silva,  
José Luis de Paula Barros. II. Título

ISADORA MELO GONZALEZ

COMPOSIÇÃO QUÍMICA: ESTUDOS SEMIÓTICOS E  
PSICOLÓGICOS

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia, e da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito para a obtenção do grau de Doutora.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva (UFBA)  
Orientador

Profa. Dra. Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza  
(IFSP - Salto)

Prof. Dr. Waldmir Nascimento Araújo Neto (UFRJ)

Prof. Dr. Abraão Felix da Penha (UFBA)

Prof. Dr. Hélio da Silva Messeder Neto (UFBA)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS  
CIÊNCIAS

COMPOSIÇÃO QUÍMICA: ESTUDOS SEMIÓTICOS E PSICOLÓGICOS

RESULTADO DA BANCA: \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva  
Universidade Federal da Bahia - UFBA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza  
Instituto Federal de São Paulo- Campus Salto – IFSP

---

Prof. Dr. Waldmir Nascimento Araújo Neto  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

---

Prof. Dr. Abraão Felix da Penha  
Universidade Estadual da Bahia – UNEB

---

Prof. Dr. Hélio da Silva Messeder Neto  
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Aos meus pais Salvador e Geisa, e  
às minhas filhas Letícia e Cecília.

## AGRADECIMENTOS

*“Não é a consciência dos homens que determina o seu ser, mas, ao contrário, é o seu ser social que determina a sua consciência.”*

Karl Marx

A José Luis, meu orientador, professor e amigo, por ser: generoso, gentil, paciente e íntegro.

Obrigada pelos ensinamentos, pelo tempo disponibilizado, pelos questionamentos, pelo código semáforo, pelo compromisso e pela honestidade. Serei sempre grata pela convivência nos cursos de: química industrial, Licenciatura em Química, mestrado e doutorado, a qual possibilitou que eu o tomasse como modelo de pessoa, professor, orientador e pesquisador.

Sem dúvida, você foi, é e será a melhor referência para minha formação profissional.

À minha família, minha fonte de motivação e inspiração para enfrentar jornadas como esta: Salvador (pai), Geisa (mãe), Letícia (filha), Cecília (filha), Citnes (esposo), Salvador (irmão), Larissa (irmã), Ana Célia (cunhada), Bruno (cunhado), Igor (sobrinho), Daniel (genro).

Aos estudantes do curso de Licenciatura em Química que participaram da pesquisa por suas expressões e conteúdos.

À professora Dra. Karina Aparecida de Souza, ao professor Dr. Waldmir Araújo Neto, ao professor Dr. Charbel El-Hani, ao professor Dr. Hélio Messeder Neto e ao professor Dr. Abraão Felix da Penha por terem avaliado nossa pesquisa. Grata pelas contribuições.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS) pelos ensinamentos.

À amiga professora Dra. Maria Bernadete de Melo Cunha por compartilhar comigo suas experiências profissionais e pessoais. Sou muito grata pela parceria.

## LISTA DE FIGURAS

1. ARTIGO I	
Figura 1	66
2. ARTIGO II	
Figura 1	134
Figura 2	135



## LISTA DE QUADROS

### 1. INTRODUÇÃO

Quadro 1	39-40
Quadro 2	45
Quadro 3	48
Quadro 4	49

### 2. ARTIGO I

Quadro 1	63
Quadro 2	64
Quadro 3	79
Quadro 4	80
Quadro 5	80
Quadro 6	80
Quadro 7	80
Quadro 8	80
Quadro 9	82
Quadro 10	83
Quadro 11	83
Quadro 12	84
Quadro 13	84
Quadro 14	85
Quadro 15	86
Quadro 16	89
Quadro 17	90
Quadro 18	90
Quadro 19	90
Quadro 20	92
Quadro 21	92
Quadro 22	93
Quadro 23	96
Quadro 24	98
Quadro 25	99
Quadro 26	101
Quadro 27	104
Quadro 28	105
Quadro 29	107
Quadro 30	109
Quadro 31	111
Quadro 32	113
Quadro 33	113
Quadro 34	114
Quadro 35	115
Quadro 36	116
Quadro 37	116
Quadro 38	116
Quadro 39	118
Quadro 40	118
Quadro 41	121

### 3. ARTIGO II

Quadro 1	140
Quadro 2	144
Quadro 3	151
Quadro 4	154
Quadro 5	158
Quadro 6	162
Quadro 7	167

### 4. ARTIGO III

Quadro 1	185
Quadro 2	185
Quadro 3	185
Quadro 4	203-204
Quadro 5	204-205
Quadro 6	208
Quadro 7	210
Quadro 8	212

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACG	Árvores Componenciais Gerais
circ.	Circunstância
cont.	Contexto
EC	Esquema Conceitual
ECR	Esquema Conceitual Hierárquico de Referência
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
IES	Instituição de Ensino Superior
TCLE	Termo de Consentimento Livre-Esclarecido
UFBA	Universidade Federal da Bahia

GONZALEZ, Isadora M. Composição química: estudos semióticos e psicológicos. 252f. il. 2016. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

## RESUMO

Nesta tese relatamos a pesquisa de doutorado que teve como tema a Linguagem Química e objetivou analisar como licenciandos em química usam o signo composição química ao se relacionarem com substâncias envolvidas em problemas teóricos de química. Tal objetivo engendrou três frentes de investigação, nas quais analisamos: (1) como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pela semiótica de Umberto Eco; (2) como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pelo estudo sobre pensamento e linguagem de Vigotski e colaboradores; e (3) como os processos psíquicos participam das atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas realizadas pelos licenciandos em química ao resolverem problemas teóricos de química. Os participantes dessa pesquisa qualitativa foram estudantes do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal da Bahia. Os dados foram registrados em papel, áudio e vídeo e transcritos para análise. Os resultados sugerem que ao empregarem o signo composição química na busca por proporem soluções para os problemas teóricos e para o desafio apresentados nas investigações, os licenciandos interpretaram e traduziram as fórmulas empíricas usando: a percepção para discriminar marcas semânticas, a memória para reproduzir os nomes, classes, significados etc., a atenção para selecionar o(s) significado(s) e o pensamento lógico para generalizar as substâncias. Constatamos que os sistemas conceituais veiculados pelas fórmulas empíricas, pelos licenciandos, foram marcados pela subjetividade, resultantes dos seus diversos processos de socialização, formação e desenvolvimento. E identificamos problemas na interpretação e tradução de nomes de substâncias por parte dos licenciandos. Os resultados apontam a necessidade de se dar mais ênfase ao ensino da Linguagem Química no âmbito da formação inicial e continuada de professores de química. Nesse sentido, propomos uma abordagem didática que considere aspectos sintáticos, semânticos e psicológicos, para a apropriação do signo composição química por estudantes de química.

Palavras-chave: Linguagem Química, Signo, Psicologia histórico-cultural, Formação de professores.

GONZALEZ, Isadora M. *Chemical composition: semiotic and psychological studies*. 252pp. ill. 2016. Tesis (Doctorate) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

### **ABSTRACT**

In this thesis, we report the doctorate research with the theme Chemical Language and aimed to analyse how licentiate students in chemistry use the chemical composition sign when interacting with substances involved in chemistry theoretical problems. This objective has engendered three research fronts in which we analysed: (1) how licensees in chemistry use the chemical composition sign when interacting with the materials involved in chemistry theoretical problems according to the aspects defined by Umberto Eco semiotics; (2) how the licensees use the chemical composition sign to relate to the materials involved in chemistry theoretical problems according to the aspects defined by the study of thought and language developed by Vygotsky and contributors; and (3) how psychic processes participate in activities of interpretation and translation of empirical formulas carried out by the licensees when solving chemistry theoretical problems. Participants of this qualitative research were students of the licentiate degree in chemistry at the Federal University of Bahia. Data were recorded on paper, audio and video and transcribed for analysis. Results suggest that by employing the chemical composition sign in the search for proposing solutions for theoretical problems and for the challenge presented in the investigations, the licensees interpreted and translated the empirical formulas using: perception to discriminate semantic tags, memory to reproduce names, classes, meanings, etc., attention to select meaning(s) and logical thinking to generalize substances. We found that the conceptual systems conveyed by empirical formulas by the licensees were marked by subjectivity, resulting from their various processes of socialization, education and development. We have identified problems in the interpretation and translation of substance names by the licensees. The results show the necessity of giving more emphasis to the teaching of Chemistry Language within initial and continued training of chemistry teachers. Thus, we propose a didactic approach that considers syntactical, semantic and psychological aspects, for the appropriation of the chemical composition sign by chemistry students.

Key-words: Chemical Language, Signs, Historic-cultural psychology, Teacher Training.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	15
1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA DA PESQUISA	15
1.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	17
1.3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
1.3.1 Linguagem Química	18
1.3.2 Ensino da Linguagem Química	23
1.3.3 Fundamentos para uma análise semiótica	27
1.3.4 Fundamentos para uma análise psicológica	32
1.3.5 Articulação entre os fundamentos teóricos	33
1.4 OBJETIVOS	37
1.5 METODOLOGIA	38
1.5.1. Os sujeitos da pesquisa	38
1.5.2 Coleta de dados	41
1.5.3 Análise dos dados coletados	46
1.6 ORGANIZAÇÃO DA TESE	49
1.7 REFERÊNCIAS	51
<b>2. ARTIGO I - MEDIAÇÃO SEMIÓTICA EM QUÍMICA: COMPOSIÇÃO DOS MATERIAIS</b>	56
2.1 INTRODUÇÃO	56
2.2 O EMPREGO DE SIGNOS QUÍMICOS NUMA PERSPECTIVA SEMIÓTICA	57
2.2.1 Uma teoria semiótica	57
2.2.2 Nomes de substâncias e fórmulas empíricas expressões de signos químicos	67
2.2.2.1 A nomenclatura química	66
2.2.2.2. As fórmulas empíricas para a química	71
2.3 METODOLOGIA	74
2.3.1 Sujeitos da pesquisa	74
2.3.2 Coleta de dados	75
2.3.3 Análise dos dados coletados	76
2.4 ANÁLISE E RESULTADOS	84
2.4.1 Interpretação e tradução dos nomes triviais	85
2.4.2 Interpretação e tradução dos nomes semissistemáticos	93
2.4.3 Interpretação e tradução dos nomes sistemáticos	102

2.4.4 Interpretação e tradução das fórmulas empíricas	109
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
2.6 REFERÊNCIAS	124
<b>3. ARTIGO II – O USO DO CONCEITO COMPOSIÇÃO QUÍMICA</b>	<b>127</b>
3.1 INTRODUÇÃO	126
3.2 O EMPREGO FUNCIONAL DO CONCEITO COMPOSIÇÃO QUÍMICA	127
3.2.1 Formação de conceito e medida de generalidade	129
3.2.2 O emprego dos conceitos	137
3.2.3 O conceito composição química na ciência química e suas formas de expressão	140
3.2.4 Relações de generalidade entre conceitos referentes à composição dos materiais	142
3.3 METODOLOGIA	147
3.3.1 Sujeitos da pesquisa	146
3.3.2 Coleta de dados	147
3.3.3 Análise dos dados coletados	149
3.4 ANÁLISE E RESULTADOS	150
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	174
3.6 REFERÊNCIAS	176
<b>4. ARTIGO III- OS PROCESSOS PSÍQUICOS E AS ATIVIDADES DE INTERPRETAÇÃO E TRADUÇÃO NO EMPREGO DE SIGNOS QUÍMICOS</b>	<b>180</b>
4.1 INTRODUÇÃO	180
4.2 SEMIÓTICA E PSICOLOGIA HISTÓRICO-CULTURAL	186
4.2.1 Linguagem e processos psíquicos	190
4.2.1.1 Percepção	1890
4.2.1.2 Atenção	192
4.2.1.3 Memória	193
4.2.1.4 Pensamento Lógico	198
4.2.2 Atividades conscientes: interpretação e tradução	198
4.3 METODOLOGIA	207
4.3.1 Sujeitos da pesquisa	207
4.3.2 Coleta de dados	209
4.3.3 Análise dos dados coletados	211
4.4 ANÁLISE E RESULTADOS	212

4.4.1	Análise e resultados gerados na primeira etapa do desafio	213
4.4.2	Análise e resultados gerados na primeira etapa do desafio	222
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	237
4.6	REFERÊNCIAS	242
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	245
5.1	EMPREGO DO SIGNO COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NOMES DAS SUBSTÂNCIAS	245
5.2	EMPREGO DO SIGNO COMPOSIÇÃO QUÍMICA E FÓRMULAS EMPÍRICAS	247
5.3	IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA	248
	APÊNDICES	251



## 1. INTRODUÇÃO

A nossa pesquisa teve como objetivo compreender como os licenciandos em química se relacionam com o signo *composição química* ao resolverem problemas teóricos de química.

O eixo estruturador da pesquisa foi o emprego de signos químicos que representam objetos, eventos, fenômenos do mundo na perspectiva da química, pois, assim como toda atividade científica, a ciência química também faz uso de representações, analogias, metáforas, sinonímias e polissemias (FINATTO, 2001), que se encontram associadas a um conjunto de sinais convencionais, pelos quais sujeitos interagem com outros para se comunicar e expressar o pensamento químico. Esse conjunto de sinais, codificados como uma linguagem química, tem a tarefa de transmitir conhecimentos acerca da composição dos materiais e suas transformações.

A composição dos materiais constitui-se num conceito cultural da química e pode ser expressa de dois modos: pela nomenclatura das substâncias químicas e pelas fórmulas químicas. Logo, sem o domínio de tais aspectos da linguagem química, torna-se impossível compreender, fazer ou ensinar química.

### 1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA DA PESQUISA

A nossa pesquisa nasceu de uma preocupação relativamente antiga. Ainda como professora de química no ensino médio, no período entre 1998 e 2011, identificamos muitos problemas nos processos de ensino e aprendizagem nas aulas de química. Entretanto, um problema ganhou destaque por ser muito frequente: a dificuldade na compreensão e uso da nomenclatura, de símbolos, fórmulas e equações químicas pelos alunos do ensino médio.

Existem ocorrências em sala de aula que podem ser indícios da dificuldade dos estudantes do ensino médio ao lidarem com signos químicos, como: a) incapacidade para discriminar os símbolos químicos que compõem uma fórmula química; b) escrita errada de símbolos dos elementos químicos: emprego de duas letras maiúsculas quando, por convenção, a primeira é maiúscula e a segunda, minúscula; c) identificação das fórmulas químicas como siglas; d) indiferenciação entre índices de fórmulas químicas e coeficientes de equações químicas. Também é comum encontrarmos estudantes que, ao final do ensino médio, apenas conseguem associar os nomes de alguns compostos químicos com suas respectivas fórmulas,

que foram memorizadas mecanicamente, ou como se costuma dizer “decoradas”. Estes fatos, em nosso entender, indicam que o ensino da representação das substâncias químicas por meio de fórmulas está deixando a desejar melhorias.

As dificuldades ora citadas podem acompanhar os estudantes nos cursos de química no nível superior, a exemplo, da Licenciatura em Química. Como professora dos componentes curriculares *Estágio e Didática e Práxis Pedagógica de Química*, a partir de 2011, pudemos perceber que, mesmo durante esse curso, as dificuldades com a linguagem química permanecem. Um fato que contribui para tal manutenção é que, também no ensino superior, não é trivial que os professores tratem explicitamente os significados das múltiplas representações químicas, por considerar que este assunto já foi tratado no ensino médio. Como consequência, os estudantes, possíveis futuros professores de química, poderão reproduzir os mesmos equívocos — oriundos da educação básica e ignorados na educação superior — acerca da significação de símbolos químicos, fórmulas químicas e equações químicas, ao ministrarem aulas no ensino médio, criando, assim, um círculo vicioso.

Acreditamos, porém, que as dificuldades de compreensão dos signos químicos devem ser vistas como parte do seu processo de apropriação e desenvolvimento. Uma vez identificadas tais dificuldades, cabe repensarmos o processo de ensino destes signos — e de outros conhecimentos a eles relacionados —, visando a qualidade do pensamento químico em formação.

As linguagens humanas exigem o pensamento, que se encontra vinculado a outras atividades psíquicas, tais como: percepção, atenção, memória, constituindo um todo unificado e estruturado: a consciência (VIGOTSKI, 2009). Portanto, o ensino e a aprendizagem de uma linguagem estão relacionados a processos psíquicos complexos.

Em vista da problemática exposta, tomamos a linguagem química como tema da nossa investigação com o intuito de compreender sua estrutura, sua relação de representação do mundo, bem como, os aspectos a considerar no seu ensino e na sua influência no desenvolvimento psíquico<sup>1</sup> humano.

---

<sup>1</sup> Utilizamos o termo psíquico como sinônimo de psicológico, uma vez que esse termo é “relativo aos aspectos psicológicos ou comportamentais do indivíduo” (HOUAISS, 2008, p. 614).

## 1.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Adotamos como pressuposto que toda atividade humana envolve linguagem. De fato, podemos dizer que há várias linguagens: a falada, a escrita, a corporal etc.

O ato de ensinar, por exemplo, é um processo de comunicação entre professor — sujeito mais experiente em relação ao conteúdo de ensino — e estudantes, logo, requer o emprego de linguagens. As linguagens humanas incluem significação, sendo as relações entre expressões e significados estabelecidas por códigos, ou seja: conjuntos de relações entre sistemas sintáticos e semânticos (ECO, 2009). A aprendizagem de uma linguagem, nesta perspectiva, consiste em compreender as complexas regras que constituem o código, saber enunciá-las e aplicá-las em diversos contextos.

A linguagem química, particularmente, embora empregue sinais parcialmente oriundos do alfabeto latino e da matemática, possui um código específico e diferente dos códigos das línguas naturais e da matemática, tanto do ponto de vista sintático quanto semântico.

Assumindo um dos pressupostos construcionistas de que para conhecer o mundo é preciso entender que os significados não estão nos objetos e sim nas interações sujeito-objeto (CROTTY, 1998), consideramos que a aprendizagem da linguagem química é fundamental para conhecermos o mundo sob a perspectiva da ciência química.

Em consonância com o paradigma ora citado, pensamos o mundo constituído de numerosos significados construídos na nossa interação com: os objetos, os fenômenos, outros indivíduos e a cultura. A relação que a experiência humana tem com os elementos constituintes do mundo exterior é essencial, pois, nenhum deles pode ser adequadamente descrito no isolamento da experiência consciente do ser (CROTTY, 1998). Experiências não constituem uma esfera da realidade subjetiva separada, e em contraste com o mundo exterior.

O conhecimento é gerado por meio das interações sociais, ou seja, o saber se caracteriza por ser social e histórico. Os conhecimentos múltiplos podem coexistir quando intérpretes igualmente competentes discordam, e/ou quando os intérpretes se distinguem quanto fatores sociais, políticos, culturais, econômicos, étnicos e de gênero. Logo, os significados estão sujeitos a uma revisão permanente (GUBA; LINCOLN, 1994).

O construcionismo defende que não há uma interpretação verdadeira ou válida do mundo ou dos fenômenos. O que encontramos são interpretações úteis, que servem de suporte para confrontar interpretações que parecem não servir a nenhum propósito útil. A proposta é

trazer e manter a objetividade e a subjetividade juntas, processo este que é característico da pesquisa qualitativa.

Sob orientação dessas concepções construcionistas, buscamos informações e perspectivas teóricas que poderiam vir a servir de propósito para fazer com que o conhecimento integrado e sintetizado tivesse sentido durante todo o desenvolvimento da pesquisa (JOHNSON; CHRISTENSEN, 2012).

Como não identificamos divergências entre o construcionismo e os posicionamentos e as ideias da semiótica de Humberto Eco e da psicologia histórico cultural de Vigotski e colaboradores acerca do emprego de signos como mediadores nas relações entre os sujeitos e o mundo, ou entre os sujeitos e os outros, decidimos adotá-los como referenciais teóricos.

### 1.3 REFERENCIAL TEÓRICO

Organizamos o referencial teórico abordando, em primeiro lugar, aspectos importantes da linguagem química e da abordagem dessa no ensino de química. Na sequência, apresentamos uma síntese dos princípios e pressupostos da teoria dos códigos de Umberto Eco. Em seguida, especificamos as concepções da psicologia histórico-cultural de Vigotski e colaboradores que utilizamos na nossa pesquisa. Depois de apresentá-los separadamente, buscamos evidenciar algumas relações que estabelecemos entre as concepções de signo dos teóricos ora citados.

#### 1.3.1 Linguagem química

Embora existam aqueles que creditem à história da origem e do desenvolvimento da linguagem química a capacidade dessa linguagem ser referência para o desenvolvimento de outras línguas das ciências naturais (ZINGALES, 2010), o nosso interesse pela história da linguagem química se justifica por entendermos que este conhecimento é essencial para compreendermos a natureza da terminologia atual da linguagem química, as razões que levaram à sua criação e as causas da sua constante transformação (BELMAR; SÁNCHEZ, 1998).

A proposta de desenvolvimento de uma linguagem adequada e indispensável à ciência química partiu de Lavoisier, que considerava este um fator essencial para promover uma reforma nessa ciência.

Tomando como base os princípios de Condillac, Lavoisier afirmou que:

só pensamos com a ajuda das palavras; que as línguas são os verdadeiros métodos analíticos; que a álgebra é a mais simples, a mais exata e mais bem adaptada ao seu objetivo entre todas as maneiras de enunciar-se; é, a um só tempo, uma linguagem e um método analítico; enfim, que a arte de raciocinar se reduz a uma linguagem bem feita. [...] A impossibilidade de isolar a nomenclatura da ciência e a ciência da nomenclatura está relacionada com o fato de que toda ciência física é formada de três coisas: a série de fatos que a constituem, as ideias que a lembram, as palavras que as exprimem. A palavra deve fazer nascer a ideia, a ideia deve representar o fato; fazem-se três impressões de um mesmo selo e, como são as palavras que conservam e transmitem as ideias, disso resulta que não se pode melhorar a linguagem sem aperfeiçoar a ciência, nem a ciência sem a linguagem, e que por mais certos que fossem os fatos, por mais justas que fossem as ideias geradas, elas ainda só transmitiriam impressões falsas, se não tivéssemos expressões exatas para designá-las (LAVOISIER, 1789).

A linguagem química, desde então, e ao longo do século XIX, constituiu-se como um conjunto de representações formado por: nomenclatura dos compostos; símbolos pictóricos; símbolos dos elementos químicos; fórmulas empíricas, mínimas, moleculares e estruturais; equações químicas, dentre outros.

Uma das primeiras propostas de escrita de fórmulas foi apresentada por Berzelius, em 1813, quando escreveu para a água, a fórmula  $H^2O$ , para o amoníaco,  $H^3N$ . (RHEINBOLDT, 1988). A proposta de tais fórmulas foi baseada no paralelismo entre a lei volumétrica de Gay-Lussac<sup>2</sup> e a teoria das proporções múltiplas proposta por Dalton.

No ano anterior (1812), Berzelius já havia publicado um novo sistema de nomenclatura química defendendo o uso de nomes das substâncias em latim como língua dos químicos. Os símbolos químicos de Berzelius foram apresentados ao público britânico em 1813 (CROSLAND, 1988) e, entre eles se encontravam: Az = ázoe, N = nítrico, O = oxigênio e P= chumbo (*Plumbum*). O método de Berzelius para usar símbolos se baseou na teoria atômica de Dalton e enfatizava o enfoque quantitativo:

Expressemos mediante as letras iniciais do nome de cada substância uma quantidade determinada de cada substância; e determinemos cada quantidade a partir de sua relação em peso com o oxigênio, ambas substâncias em estado gasoso, e em volumes iguais; isto equivale a falar da gravidade específica das substâncias em seu estado gasoso, considerando a do oxigênio como uma unidade...Quando dois corpos tem a mesma letra inicial, adicionar uma segunda letra, e no caso de que esta seja também seja a mesma,

<sup>2</sup> Lei empírica sobre a relação entre os volumes de reagentes gasosos em uma reação química.

adicionar à inicial a primeira consoante da palavra, que seja diferente. Na classe dos combustíveis que chamo metaloides, uso só as letras iniciais. Por exemplo, S = enxofre, Sn = estanho (*stannum*), St = antimônio (*stibium*), C = carbono, Cu = cobre (*cuprum*), M = muriático, Ms = magnésio, Mn = manganês, etc. Só isto é necessário para entender as fórmulas. O único que falta para fazer que seu uso seja mais geral é determinar corretamente a gravidade específica dos gases (CROSLAND, 1988, p.312).

Os símbolos, portanto, deveriam ser usados para representar medidas quantitativas definidas que permitissem indicar as proporções dos elementos constituintes dos compostos:

estão destinados unicamente a facilitar a expressão das proporções químicas e à permitirmos indicar, sem longas perífrases, o número relativo de volumes dos distintos constituintes contidos em cada corpo composto. Ao determinar o peso dos volumes elementares, estas figuras nos permitirão expressar o resultado numérico de uma análise tão simples, e de uma maneira que se recordará facilmente, como as fórmulas algébricas na filosofia mecânica (CROSLAND, 1988, p.313).

A função dos símbolos de Berzelius era dar informações sobre a composição química qualitativa e quantitativa das substâncias. Cada símbolo representava um peso definido da matéria simples, ou seja, seu peso atômico relativo<sup>3</sup>. Pela justaposição desses símbolos e eventual junção de cifras obtinham-se as fórmulas dos compostos químicos que representavam diretamente o resultado da análise quantitativa de um composto.

Os símbolos e fórmulas de Berzelius foram aceitos com relativa facilidade na França, mas, na Grã-Bretanha houve significativa resistência. William Brande considerava que a “linguagem comum é suficientemente ampla para qualquer fim para os que usam estes símbolos” e, em sua opinião, “o uso de símbolos como abreviações criaria dificuldades desnecessárias e causaria confusão” (CROSLAND, 1988, p.320).

Uma vez que não havia uma posição consensual em relação à linguagem e às representações utilizadas pelos químicos, August Kekulé propôs que fosse realizado um debate sobre este e outros aspectos da Química. Juntamente com Charles Wurtz e Karl Weltzien, Kekulé organizou em setembro de 1860 o Congresso de Karlsruhe.

O congresso reuniu cerca de cento e quarenta químicos vindos de todos os países, e é considerado o primeiro congresso internacional de química, concretizando, assim, a existência de uma comunidade química internacional. Seus objetivos foram: a definição de importantes ideias químicas, tais como as expressadas pelas palavras: átomos, molécula, equivalente, atômico, básico; da questão do equivalente e fórmulas químicas; e o

---

<sup>3</sup> Diferentes sistemas de determinação dos pesos atômicos e equivalentes químicos usados no início do século XIX geravam discordâncias quanto aos valores obtidos, e, também, na forma de escrever as fórmulas químicas e nas definições de termos da linguagem química. Consequentemente, um mesmo composto podia ser representado por fórmulas distintas (OKI, 2009).

estabelecimento de uma notação e nomenclatura uniformes (CROSLAND, 1988). O Congresso abordou um problema teórico fundamental, pois o acordo sobre os números e as fórmulas estava subordinado a um entendimento sobre as definições dos conceitos de base como: átomo, molécula e equivalente.

Embora os membros do congresso não tenham chegado a um acordo acerca de vários aspectos da linguagem química, se reconhece que o evento conseguiu evidenciar a necessidade de uma nomenclatura padrão para a química orgânica. Graças ao seu caráter internacional, estabeleceu um precedente para discussões futuras entre os químicos de todo o mundo. Por isso, o Congresso de Karlsruhe foi considerado o precursor da conferência de Geneva (1892), na qual foram lançadas as bases para um sistema de nomenclatura orgânica, que foi aceito internacionalmente. Para a nomenclatura inorgânica, nenhuma proposição fora apresentada (CONNELLY et al., 2005).

Somente em 1913, o Conselho da Associação Internacional de Sociedades de Química nomeou comissões para tratar da nomenclatura inorgânica e orgânica, contudo a comissão teve que suspender os trabalhos por causa do advento da I Guerra Mundial. O trabalho foi retomado em 1921 na segunda conferência da *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), na qual foram constituídas comissões específicas para trabalhar com as nomenclaturas da química (inorgânica e orgânica) e da biologia.

A comissão responsável pela nomenclatura inorgânica apresentou o primeiro relatório global em 1940. Tal relatório foi relevante para a sistematização dessa nomenclatura e conscientizou muitos químicos da necessidade do desenvolvimento de uma nomenclatura totalmente sistemática. O relatório, propunha: a adoção do sistema de indicação dos estados de oxidação; o estabelecimento de ordens para citar os constituintes dos compostos binários em fórmulas e em nomes; recomendava que o termo bicarbonato não fosse mais utilizado, e indicava o desenvolvimento de práticas comuns na designação dos compostos de adição. Estas recomendações foram então revistas e publicadas como um pequeno livro em 1959, pela própria IUPAC. Uma segunda revisão foi realizada em 1971. O resultado dessa segunda revisão foram as recomendações publicadas em 1977, que foi acompanhada de um suplemento intitulado: Como nomear uma substância inorgânica (CONNELLY et al., 2005).

A IUPAC, desde então, é responsável por atualizar as normas da nomenclatura ao realizar revisões periodicamente. Em 1990, as recomendações de 1977 foram revistas totalmente, com o objetivo de reunir as muitas e variadas mudanças que ocorreram nos últimos 20 anos. Dessa revisão foi produzida a obra *Nomenclatura de Química Inorgânica II, Recomendações da IUPAC 1990*. A revisão dessa última, foi iniciada em 1998, e publicada

como Nomenclatura de Química Inorgânica II, Recomendações da IUPAC 2000. O conjunto mais recente de recomendações estão organizadas em Nomenclatura de Química Inorgânica II, Recomendações da IUPAC 2005 (CONNELLY et al., 2005).

O principal objetivo destas recomendações da IUPAC é proporcionar uma metodologia para que as espécies químicas sejam representadas por nomes e fórmulas sem ambiguidade. Essa padronização possibilita a comunicação na comunidade dos químicos, mas, também, leva em conta as necessidades públicas e o uso comum. A fim de se tornar amplamente útil e preciso, “um sistema de nomenclatura deve ser reconhecível, inequívoco e geral; o uso desnecessário de nomes locais e siglas em linguagem científica formal deve ser desencorajado” (CONNELLY et al., 2005, p.3) [Tradução nossa].

Para os nomes das substâncias, a IUPAC (CONNELLY et al., 2005) estabelece a seguinte classificação: a) nomes sistemáticos: informam a composição elementar das substâncias e sua proporção; (b) nomes semissistemáticos: informam a composição elementar das substâncias, mas não, sua proporção, ou informam apenas parcialmente a composição elementar das substâncias; (c) nomes triviais: não indicam qualquer aspecto da composição das substâncias.

As normas estabelecidas pela IUPAC, para o nome das substâncias, especificam a ordem de escrita dos componentes, o uso de prefixos multiplicativos (mono, di, tri etc.), e os sufixos adequados para caracterizar o estado de oxidação dos componentes (eto, ato, etc.).

Por ser uma linguagem, a nomenclatura química segue regras de sintaxe, que incluem: “o uso de símbolos, tais como pontos, vírgulas e hífens, o uso de números por razões adequadas em determinados lugares, e a ordem de citação de várias palavras, sílabas e símbolos” (CONNELLY et al., 2005, p.16) [Tradução nossa].

Mas as regras de nomenclatura não são exclusivas dos nomes das substâncias, a escrita das fórmulas também é normatizada. Existem normas que orientam a escrita das fórmulas empíricas desde a utilização de parênteses, passando pela colocação dos algarismos arábicos, até a ordem de citação dos símbolos em fórmulas.

Existem diversos tipos de fórmulas. A expressão fórmula empírica foi introduzida por Berzelius em 1833, para diferenciar dos termos "fórmulas racionais". As fórmulas empíricas eram aquelas desenvolvidas diretamente a partir dos dados analíticos e as fórmulas racionais representavam a constituição das substâncias por uma ordem particular dos símbolos, gerando fórmulas parciais, completadas por parênteses e sinais de adição. Para a escrita de uma fórmula racional não haviam regras metodológicas, já que estas variavam de acordo com a perspectiva do químico. O único critério utilizado para a construção de fórmulas



racionais era o conceito de constituição binária. A partir desse critério os químicos construiriam as fórmulas racionais ao manipular as fórmulas empíricas sobre o papel.

Atualmente, compreendemos a fórmula empírica como sendo aquela formada pela justaposição dos símbolos atômicos seguidos de números arábicos inteiros subscritos, e tem como objetivo expressar a composição das substâncias (CONNELLY et al., 2005). É peculiar às fórmulas empíricas a capacidade de expressar as proporções relativas dos átomos constituintes das substâncias representadas. Porém, no caso específico das substâncias constituídas por moléculas (unidades discretas), é comum utilizarmos a fórmula molecular para indicar a composição das mesmas, ao invés de usarmos a fórmula empírica (GARRITZ, 2005), já que as fórmulas moleculares expressam as quantidades de átomos de cada elemento químico que compõem as moléculas constituintes de uma substância. Todavia, é o contexto químico que orienta a escolha do tipo de fórmula que será usado para expressar um composto.

As peculiaridades da linguagem química, em particular, o seu elevado grau de sistematização, nos leva a considerar que a apropriação da linguagem química difere da aquisição da linguagem natural, pois, necessita de iniciação, isto é, precisa ser ensinada de maneira intencional (MALDANER, 2003), o que requer planejamento.

### 1.3.2 Ensino da linguagem química

O emprego de signos químicos depende do ensino intencional e consciente, porque é característico desse tipo de signo: ser produtor de sentidos, depender do contexto, e ser negociado nas situações de estudo, onde cada representação orienta o interpretante em uma direção historicamente acordada que visa atender aos interesses de determinado grupo social em debater e comunicar sentidos por meio de tais representações (ARAÚJO NETO, 2012).

Uma vez que o acesso aos fenômenos científicos depende dos mecanismos de percepção humana, as expressões simbólicas, criadas para representar os fenômenos, são os elementos de mediação que possibilitam o ser humano conhecer o mundo ao seu redor (KOZMA, 2000). As fórmulas químicas, por exemplo, são compreendidas como uma “tentativa de representar o real por manipulação de símbolos<sup>4</sup>, assim como a linguagem nos

---

<sup>4</sup> O termo símbolo utilizado por Hoffmann, Laslo e Kozma tem seu significado associado às concepções de Nelson Goodman. Este filósofo americano considera que um símbolo só funciona como símbolo de determinada coisa, se o mesmo pertencer a um sistema, que é regido pelas mesmas regras sintáticas e semânticas. Sistemas de símbolos são conjuntos de elementos (palavras, componentes de imagem etc.) que são inter-relacionados pela sintaxe e são usados de maneiras específicas em relação aos campos de referência. Por exemplo, palavras e frases em um texto podem representar: pessoas, objetos, atividades, que ao assumirem determinada estrutura dão

permite falar sobre o mundo e sobre nós mesmos por meio de combinação de expressões” (HOFFMANN; LASLO, 1991, p.10) [Tradução nossa].

Pesquisadores na área de ensino de química argumentam que, uma vez que a Química utiliza linguagens escrita e falada específicas, por meio de uma simbologia exclusiva ou compartilhada, é indispensável a abordagem explícita do papel da mediação dos signos linguísticos na constituição do conhecimento humano, em especial nos processos de significação da representação nas aulas de química. E, uma vez que a teoria semiótica de Charles Peirce “trata explicitamente a relação entre as representações e seus ‘motores de significação’” (GOIS; GIORDAN, 2007, p.34), a mesma se torna relevante para a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem em química. Fundamentados na relação entre os signos e os objetos proposta por Peirce, os signos químicos são, por exemplo, classificados em ícones, índices e símbolos (GOIS; GIORDAN, 2007; WARTHA; REZENDE, 2011).

Como muitas vezes se tem dificuldade para compreender o que seja um ícone e um índice, pois, não é sempre que se estabelece uma “coincidência entre signo e objeto ou então qualquer parentesco direto ou semelhança entre signo e objeto” (WALTHER-BENSE, 2010, p.17) a classificação de equações químicas, fórmulas e símbolos químicos de acordo com a tricotomia proposta por Peirce, é questionável. Além desta dificuldade, se questiona a classificação dos signos em ícone e índice, por considerar uma falácia referencial a concepção de que o significado de um significante pode ter algo a ver com o objeto correspondente (ECO, 2000). A final, existem significantes que se referem a entidades inexistentes, como por exemplo: *unicórnio* e *sereia*, e, também, existem significados de expressões que não correspondem a um objeto real, como por exemplo: *a, com, todavia* (ECO, 2000).

Ainda em relação à análise semiótica de signos químicos, no âmbito do ensino de química, é possível abordar os seguintes tópicos: (i) a luta contínua dentro da química para definir seu objeto de estudo, se a *estrutura* da matéria, ou se suas *transformações*; (ii) o entrelaçamento mútuo, muitas vezes implícito da teoria química, da prática e da representação; e (iii) o papel do imaginário e do ficcional na química (WEINIGER, 1998).

Discute-se, também, no âmbito do ensino de química, as dificuldades e os problemas que os estudantes costumam enfrentar ao lidarem com os signos químicos, seja com as expressões, seja com significados que compõem os mesmos. Já foram identificados, por exemplo, problemas baseados na linguagem, problemas devido à compreensão conceitual

---

forma a uma história (GOODMAN, 1976). Nesta perspectiva, o grau de dependência entre símbolo e objeto, ou fenômeno, por ele representado, é muito elevado, tanto que se diz que o simbolizado é o próprio referenciado.

e problemas devido à seleção e interpretação inadequadas das fórmulas (TASKIN; BERNHOLT, 2014).

A apropriação da linguagem química é considerada uma tarefa difícil que pode ser frustrante para os alunos. Visando reverter essa situação, algumas propostas de ensino são apresentadas. O uso de jogos é uma dessas propostas didáticas: com o ChemOkey (KAVAK, 2012) por exemplo, pode-se prever a criação de fórmulas e nomes dos compostos iônicos a partir de placas, nas quais os nomes e as fórmulas de cátions e ânions comuns estão escritas. O que se espera é que os alunos aprendam os símbolos e os nomes de íons comuns, se familiarizem com os nomes e fórmulas de compostos iônicos e com o princípio da eletroneutralidade.

Geralmente, a abordagem da linguagem química ocorre mediante o estudo de determinados conteúdos químicos, que servem como contexto. A substância benzeno, por exemplo, foi o contexto para que se investigasse sobre o impacto da linguagem química no conhecimento prévio dos estudantes acerca da estrutura e reatividade dessa substância (FARRÉ; ZUGBI; LORENZO, 2013). Como resultado, as pesquisadoras constataram o uso espontâneo de fórmulas químicas por parte dos estudantes ao responderem questões acerca de diferentes aspectos da estrutura e reatividade do benzeno. Tal constatação levou às autoras a concluir que os estudantes fizeram uso das fórmulas como um amplificador cognitivo. Contudo, não consideraram que as fórmulas tenham sido empregadas como instrumento de pensamento, uma vez que os estudantes demonstraram dificuldades para fazer a previsão acerca da reatividade do benzeno.

Outro exemplo é o trabalho de Galagovsky e Giudice (2015), cujo objetivo era analisar a formulação de problemas de estequiometria que fazem uso de diferentes expressões da linguagem química, como os desenhos com partículas, que são usados para descrever os estados inicial e final de sistemas reacionais. As autoras, ao final da pesquisa, concluíram que o ensino de conceitos abstratos e as explicações químicas fundamentadas em modelos requerem dos professores uma revisão epistemológica sobre a linguagem química que adotam em sala de aula.

Utilizando o conteúdo *interações químicas* como contexto para abordar o tema linguagem química, Wood (2013) pesquisou sobre a linguagem e as maneiras de representá-las. Na realidade, mais especificamente, a pesquisa tratou de analisar como os professores de química, nas universidades, usam as representações das interações químicas segundo os seguintes modos de representação: a) simbólico, que usa um conjunto padrão de regras de nomenclatura química definida pela IUPAC; b) microscópico, o qual descreve compostos

químicos como unidades discretas constituídos de átomos e moléculas; c) macroscópico, que pode ser visto ao realizar um experimento, ou ser medido diretamente, como a alteração de cor durante uma reação química. Com base em outras pesquisas, Wood (2013) esperava encontrar evidências que os professores poderiam auxiliar seus alunos a estabelecerem relações ente os três modos de representação, ao incorporá-los à sua prática docente. A pesquisa, também, analisou se ocorreram mudanças no conhecimento químico dos estudantes que cursaram disciplinas, nas quais os professores fizeram uso desses modos de representação. Como resultado, constatou-se que existiram diferenças significativas entre os professores na maneira como usam os modos de representação para dar aulas de química e, conseqüentemente, seus alunos tiveram aproveitamentos distintos.

Diante das múltiplas representações químicas, é comum pesquisadores selecionarem um determinado tipo de expressão da linguagem química para transformá-lo em objeto de estudo. Isto ocorreu, por exemplo, no trabalho de Roque e Silva (2008), no qual discutiram a importância da linguagem química, mais especificamente, dos modelos moleculares e suas representações no desenvolvimento da química. Como resultado, os autores consideraram que a aprendizagem significativa da química requer o conhecimento da linguagem química, e que o uso desses símbolos sem o conhecimento necessário pode gerar dificuldades para a aprendizagem da química.

O trabalho de Bradley e Steenberg (2008) nos chamou a atenção, por relacionar a linguagem química com o desenvolvimento psíquico do ser humano. Nesse trabalho, os pesquisadores se dedicaram a investigar o desenvolvimento da capacidade de decodificação e codificação, habilidades cognitivas de um grupo de estudantes de escolas do ensino médio, ao terem que traduzir palavras em fórmulas químicas e vice-versa, e palavras em equações químicas e vice-versa. Ao final de um ano, compararam os resultados da tarefa no início e no final do curso, e constataram que todos estudantes apresentaram melhor habilidade de decodificação e codificação no início do curso, o que fora relacionado com o fato dos estudantes terem concluído a pouco tempo o ensino médio. Também, concluíram que nenhum dos estudantes apresentou melhoria na habilidade de decodificação e codificação durante o curso. Diante dos resultados, sugeriram mudanças curriculares no curso e, nas estratégias de ensino usadas pelos professores, a exemplo do estudo dos nomes sistemáticos dos compostos inorgânicos, para desenvolver a capacidade de decodificação das fórmulas.

A maioria dos resultados das pesquisas que ora apresentamos, sinaliza para a influência da prática pedagógica e do domínio da linguagem química dos professores sobre a apropriação da mesma por parte dos estudantes, seja na educação básica ou do ensino

superior. Considerando os aspectos semióticos e psicológicos inerentes à apropriação da linguagem química, evidenciados por meio das informações obtidas acerca da linguagem química e como esta vem sendo abordada no ensino de química, buscamos aportes teóricos no âmbito da semiótica e da psicologia para fundamentar nossa pesquisa.

### 1.3.3 Fundamentos para uma análise semiótica

Encontramos na obra de Umberto Eco, a seguinte definição de signo: é “tudo quanto, à base de uma convenção social previamente aceita, possa ser entendido como algo que está no lugar de outra coisa” (2000, p.10). Estabelece assim, uma convenção semiótica: “há, pois, signo toda vez que um grupo humano decide usar algo como veículo de outra coisa” (ECO, 2000, p.12).

Além da definição de signo, Eco nos apresenta a concepção de função sígnica, que usa como elemento estruturador da sua Teoria dos Códigos<sup>5</sup>. A função sígnica é o resultado da relação entre um veículo expressivo e um conteúdo. Tal correlação é precedida pelo que Eco (2000) denomina de *continuum*<sup>6</sup>, também denominado de matéria, ou experiência. Podemos pensar que o *continuum* é a realidade estabelecida pelas diversas línguas de acordo com certos padrões culturais (LARA, 2001). Dessa realidade são extraídos, ao mesmo tempo, a expressão e o conteúdo.

A principal contribuição da semiótica de Eco, para o nosso trabalho, foi a concepção de função sígnica. A proposta de função sígnica está fundamentada na função semiótica de Louis Hjelmslev, contida em sua Teoria da Linguagem (HJELMSLEV, 2013). Após refletir acerca das diversas significações atribuídas à palavra signo, Hjelmslev chega à conclusão que “o signo é uma cabeça de duas faces: ‘para o exterior’, na direção da substância da expressão, ‘para o interior’ na direção da substância do conteúdo” (HJELMSLEV, 2013, p.62). O signo é, então, apenas um termo usado para designar a relação entre expressão e conteúdo.

---

<sup>5</sup> A semiótica, segundo Umberto Eco, apresenta dois domínios: a Teoria da Produção Sígnica e a Teoria dos Códigos. A primeira diz respeito ao processo de comunicação, que é “a passagem de um sinal de uma fonte, através de um transmissor ao longo de um canal, até um destinatário (ou ponto de destinação)” (Eco, 2000, p.5). Na segunda teoria encontramos o ser humano na função de destinatário.

<sup>6</sup> O uso do termo *continuum* é uma tentativa de evitar as confusões geradas pelo termo “sentido” usado pelo semiótico Hjelmslev, que faz referência ao fator comum entre as línguas, ou seja, um pensamento provisoriamente apresentado como massa amorfa, ou uma grandeza não analisada (LARA, 2001, p.1).

O termo função deve ser compreendido como uma dependência (relação) entre funtivos, ou seja: entre elementos que podem estabelecer alguma relação de modo que, certos funtivos pressupõem outros, preenchendo condições de uma análise (HJELMSLEV, 2013).

Compreendida como uma convenção social humana, a função sígnica não deve ser entendida como arbitrariedade, uma vez que a associação entre expressão e conteúdo segue regras de significação previstas por um código (ECO, 2000). Porém, não basta que a função sígnica seja uma convenção, é preciso que seja aceita socialmente.

A ideia de expressão dentro da função sígnica nos remete à concepção de que a representação exerce uma função simbólica ao substituir e condensar objetos, pessoas e fenômenos, embora não seja um reflexo especular do mundo exterior, uma vez que não captura a realidade em sua totalidade (JOVCHELOVITCH, 2008).

Na perspectiva de Eco, a semiótica deve se preocupar com o conteúdo correlacionado aos veículos expressivos, isto é, com o significado de um termo, não com um objeto, pois “uma expressão não designa um objeto, mas veicula um conteúdo cultural” (ECO, 2000, p.51).

Uma vez que é o código que estabelece a correlação entre expressão e conteúdo contraindo uma função sígnica, no caso específico das funções sígnicas químicas, ou seja, dos signos químicos, pensamos ser essencial conhecer os códigos que cumprem o papel de correlacionar as expressões e os conteúdos químicos. Poderíamos pensar que seria o bastante conhecer todas as regras estabelecidas pela IUPAC, contudo, acreditamos que o conhecimento histórico da elaboração e desenvolvimento dos nomes das substâncias e das fórmulas que veiculam o conceito composição química, é capaz de nos fazer compreender outros aspectos que a simples memorização de normas de nomenclatura não nos proporciona.

Os aspectos aos quais nos referimos, podem decorrer do saber sobre a história da nomenclatura química, uma vez que nos propicia a compreensão da proposição de uma linguagem sistematizada para a química como uma atividade humana, com forte sentido cultural, social e ético e amplamente influenciada pelo contexto e pelo percurso, contrariando uma mera descrição e enumeração de descobertas feitas por cientistas isolados e endeusados, ou nem referidos (CACHAPUZ; PAIXÃO, 2003). Destarte, neste trabalho, ao tratarmos de signos químicos iremos fazer referências à história da nomenclatura química.

O estudo da semiótica proposta por Umberto Eco, nos fez entender que no processo de análise de um signo o que mais interessa é a descrição da dependência entre expressão e conteúdo. O processo de análise ao qual nos referimos envolve a atividade de interpretação das expressões dos signos. A atividade de interpretar tem origem na hermenêutica, que no

contexto dos estudos bíblicos, significa “interpretar” ou “entender”. A hermenêutica clássica (ou tradicional) é um complexo de teorias, princípios, regras e métodos que é utilizado para explicar os significados de textos bíblico, jurídico ou literário. É considerado um método capaz de decifrar significados indiretos, isto é, uma prática reflexiva capaz de revelar significados escondidos sob os significados aparentes (CROTTY, 1998).

A hermenêutica moderna é representada por: Dilthey, Heidegger, Gadamer e Ricoeur, os quais usaram-na para abranger a existência geral do homem no mundo como um agente da linguagem.

Gadamer traça seu próprio caminho e propósito dentro da hermenêutica ao se distanciar de Dilthey, para quem a hermenêutica é uma metodologia para as ciências humanas, e ao extrair de Heidegger a ideia de que a hermenêutica não é simplesmente um corpo de princípios ou regras para interpretar textos, mas, se refere à explicação fenomenológica da própria existência humana.

A hermenêutica de Gadamer não é um conjunto de métodos e técnicas para interpretar a essência da norma, é a tarefa de compreender o mundo e as coisas por meio da linguagem<sup>7</sup>. Em linhas gerais, a hermenêutica histórica de Gadamer possibilitou uma visão contemporânea da hermenêutica, na qual o processo interpretativo não busca desvelar o “exato” ou “correto”, mas a compreensão (CROTTY, 1998).

Nesta perspectiva, a interpretação começa sempre com conceitos prévios que serão substituídos por outros mais adequados. Os conceitos prévios são noções inerentes à cultura, que cumprem um papel central na análise de Gadamer. Deve-se, portanto, considerar a tradição cultural, que é um universo de significados que tem um componente factual no passado, mas também componentes do presente, uma vez que está sendo constantemente assimilada e interpretada (CROTTY, 1998). O intérprete, nesse caso, é dotado de uma personalidade composta por fatores biológicos, psíquicos e socioculturais que interagem, tem seu próprio ponto de vista, a partir de uma perspectiva, sendo certo que a realidade de cada coisa a interpretar se apresenta sob diferentes perspectivas.

A hermenêutica clássica é a origem para a concepção, entre os linguistas, de que a interpretação é uma espécie de explicitação do significado que está contido no objeto de interpretação (texto, palavras, fórmulas), ou seja, é o ato de interpretar entre um significado

---

<sup>7</sup> Pensamento gadameriano: (1) nós somos um ser histórico, vivemos uma tradição; (2) a tradição está colada com a linguagem (CROTTY, 1998).

tido como inerente ao objeto de interpretação e o leitor que deseja atingir tal significado. O ato interpretativo avalia propostas diferentes e divergentes de interpretação de um mesmo objeto, elegendo como correta aquela que explicita o significado original, e classifica as outras como as equivocadas ou não autorizadas. Nesta perspectiva, a interpretação é semelhante à representação do significado original (ARROJO, 2003).

Já a hermenêutica moderna, como a de Gadamer, influenciou outra maneira dos linguistas pensarem sobre a atividade de interpretação, que embora seja concorrente da perspectiva anterior, não é conflitante. Nesse caso, a interpretação consiste em um processo de ampliação do significado original, cuja apreensão seria mais adequada denominar de compreensão. Nesta concepção de interpretação, se admite que novas matizes de significação podem ser acrescentadas ao significado original (ARROJO, 2003).

A ideia moderna acerca da atividade de interpretação se aproxima da concepção de Umberto Eco. Para o semiótico italiano, a interpretação pode ser entendida como a ação de evidenciar o significado intencionado pelo proponente do signo (autor de um texto), ou a natureza objetiva do signo (ECO, 2011). A atividade de interpretação pode acontecer associada à atividade de tradução. Na realidade é comum que o processo de interpretação seja precedido pelo processo de tradução (ECO, 2011).

No âmbito da linguística, a concepção tradicional considera o ato de traduzir como sendo a transferência de uma mensagem de uma língua para outra, a chamada tradução *ad verbum* (palavra por palavra), na qual ocorre a simples transferência de termos entre línguas (SILVA, 2015). Por sua vez, a visão contestadora aponta outros elementos que interferem na tradução, que “não é apenas uma operação de transferência linguística, mas, também um processo que gera novas formas textuais, cria novas formas de conhecimento e introduz novos paradigmas culturais” (ARROJO, 1994, p.46). Esta é denominada tradução *ad sensum* (sentido por sentido) (SILVA, 2015).

Por mais simples que seja, a atividade de tradução pode revelar: as opções, as circunstâncias, o tempo e a história do sujeito interpretante (ARROJO, 1994). Em outras palavras, a tradução depende da perspectiva do interpretante, portanto, não é uma compreensão neutra e desinteressada ou a explicitação adequada, ou não, de significados veiculados por expressões.

Neste trabalho, os signos químicos, selecionados como objeto de interpretação, foram convencionalmente propostos e socialmente aceitos com o objetivo de tornar universais os significados veiculados por suas expressões, de modo que a maioria da comunidade química fizesse uso de uma mesma linguagem. No caso particular da nomenclatura química



sistemática, sabe-se que fora proposta para: descrever compostos ou classes de compostos; resolver ambiguidades; esclarecer, onde houver confusão, sobre a maneira em que deve ser usada; e ajudar aos usuários menos familiarizados (estudantes de química ou os não químicos, mas que manipulam produtos químicos no trabalho ou em casa) (CONNELLY et al., 2005).

Diante dos objetivos da normatização da linguagem química, concebemos que a atividade de interpretação de expressões de signos químicos tem o compromisso de revelar significados originalmente correlacionados às expressões químicas, contudo, não desconsideramos o fato de tal atividade depender dos conhecimentos prévios do intérprete.

Uma vez que os químicos, experientes ou aprendizes, costumam transitar entre as expressões químicas ao especularem sobre a composição e a estrutura dos materiais (KOZMA, 2000), admitimos que há uma ligação intrínseca entre as atividades de interpretação e tradução na ciência Química.

Consideramos que a atividade de tradução mais peculiar no âmbito da Química ocorre mediante a transferência de significados de uma expressão para outra, por exemplo: nomes de substâncias para fórmulas empíricas, e vice-versa. Embora seja uma tradução *ad verbum*, deve-se levar em conta a perspectiva do sujeito que realiza tal atividade. Perspectiva que decorre das interações produzidas nos micromeios sociais e das atividades que o sujeito desenvolve nos mesmos.

#### 1.3.4 Fundamentos para uma análise psicológica

Durante o mestrado nos aproximamos da teoria histórico-cultural. O conhecimento adquirido nos levou a perceber que o estudo da relação entre pensamento e linguagem seria adequado para analisarmos, numa perspectiva psicológica, a nossa questão de pesquisa, uma vez que discutia questões sobre: linguagem, conceito, significado, apropriação, relação sujeito-objeto; interação sociocultural; dentre outros.

Ao ampliarmos e aprofundarmos nossos estudos acerca dos resultados obtidos de parte das investigações de Vigotski sobre as relações entre o pensamento e a linguagem selecionamos alguns pressupostos. Dentre esses destacamos a ideia de que o emprego consciente dos signos para resolver situações-problemas (estímulo), é a questão central no processo de formação de conceitos.

Entendemos, também, que o significado de um signo depende do conjunto de fatos psicológicos, do contexto das relações comunicativas e dos conhecimentos apreendidos

socioculturalmente pelos sujeitos. E uma vez que os signos podem incorporar conteúdos intelectuais e afetivos dos contextos, o sistema conceitual pode ser ampliado, ou seja, os conceitos podem sofrer mudanças e se desenvolver.

Compreendemos que a formação de conceitos é o resultado da operação com signos, da qual todas as funções intelectuais básicas participam. Entre o pensamento, a linguagem e atividades voluntárias como: percepção, operações sensório-motoras, atenção e memória, existem conexões e relações que constituem sistemas que se modificam ao longo do desenvolvimento. Um fato relevante é que quando um processo psíquico superior se modifica, um outro também se modifica, evidenciando relações interfuncionais (VIGOTSKI, 2009).

O desenvolvimento psíquico do homem progride em função do aprendizado escolar, que por sua vez, é voltado para a assimilação de fundamentos do conhecimento científico.

Para que o ensino seja fator de desenvolvimento humano, é preciso propor o estudo daquilo que não se encontra diante dos olhos, o que vai além dos limites da sua experiência atual e da eventual experiência imediata. Não faz sentido tentar ensinar o que o estudante já assimilou. Portanto, para que o ensino engendre aprendizagem de novos conceitos científicos é preciso que o educador dedique maior atenção ao estado intelectual do educando ao tipo de auxílio que necessita de alguém mais experiente, para solucionar problemas. A aprendizagem, no entanto, requer uma interação social específica e um processo que possibilite que o sujeito penetre na vida intelectual daqueles que estão próximos (VIGOTSKI, 1991). No ambiente escolar, cabe ao professor criar momentos e ações que visem a colaboração entre ele e seus estudantes e entre os próprios alunos, com o objetivo de alcançar um novo estado de aprendizagem, no qual o estudante passa a resolver sozinho um problema que antes não era capaz, caracterizando, assim, um novo estado de desenvolvimento. Isto significa que “o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento dos processos psíquicos culturalmente organizadas e especificamente humanas” (VIGOTSKI, 1991, p.101).

Contudo, para que um professor saiba o que já fora e o que ainda não fora apropriado pelos estudantes, é preciso saber como e o que utilizar para fazer tal avaliação. No caso da formação, ou apropriação de conceitos podemos fazer uso da concepção de medida de generalidade proposta por Vigotski.

Considerando que os conceitos se encontram relacionados a outros conceitos, formando sistemas conceituais, compreendemos que medir a generalidade de um conceito consiste na determinação: a) do grau de concretude/abstração em relação a outros conceitos

do sistema; b) das relações de interdependência do conceito em foco com outros conceitos; e c) das operações mentais relacionadas ao movimento do pensamento — do geral para o específico e vice-versa — no âmbito do sistema conceitual.

Esse conjunto de informações caracteriza o estado de apropriação de um conceito, o que deve servir aos professores para o planejamento de ensino dos conteúdos escolares.

O fato de compreendermos, por meio dos estudos de Vigotski acerca da relação entre pensamento e linguagem, o papel relevante do signo no desenvolvimento da consciência humana, nos levou a aprofundar e ampliar nosso conhecimento acerca do que é o signo. Buscamos, então na semiótica um referencial que nos embasasse.

### 1.3.5 Articulação entre os fundamentos teóricos

À vista da exposição sumária que realizamos sobre os princípios e fundamentos oriundos dos referenciais teóricos que nortearam a nossa pesquisa, consideramos que os mesmos estão em consonância com o paradigma que a orientou, uma vez que coadunam com a ideia de que as interações sociais vivenciadas pelos sujeitos — cultura, religião, família, instituições educacionais etc.— participam, efetivamente da apropriação de todo o conhecimento. Por exemplo, a linguagem, compreendida pela teoria histórico-cultural como principal produto da vida em sociedade, funciona como elemento mediador da atividade psíquica humana, assim como os instrumentos que são usados como mediadores na vida material do homem (VIGOTSKI, 2001). E uma vez que a linguagem humana surgiu da necessidade da comunicação no trabalho (categoria fundante do ser social), diz-se, então, que a função primária da linguagem é a comunicação, o intercâmbio social.

Por sua vez, o processo de comunicação, na perspectiva da semiótica de Umberto Eco (2000), é a passagem de um sinal (não necessariamente um signo) de uma fonte, através de um transmissor, ao longo de um canal, até um destinatário. Quando o destinatário é um ser humano, deve-se considerar que concomitantemente ao processo de comunicação deverá estar ocorrendo um processo de significação. A condição para que isto ocorra é que o sinal não funcione apenas como um estímulo, mas que “solicite uma resposta interpretativa por parte do destinatário” (ECO, 2000, p.6). Nesta perspectiva, a relação entre os processos de comunicação e de significação, se estabelece uma vez que o último processo citado é motivado pelo primeiro.

São os processos de comunicação e significação que engendram a cultura (ECO, 2000). Quando dois seres humanos se comunicam—um emissor e um destinatário— signos verbais ou pictográficos costumam ser empregados para exprimirem as mensagens. Esse ato de criar meios para que a função de um determinado objeto, ou de um certo fenômeno, possa ser reproduzida, transmitindo assim tal informação entre as gerações, é considerado cultura. Tal forma de comunicação se constitui em atividade cultural, que pode ser analisada como uma atividade semântica, assim como, o conteúdo dessa comunicação pode ser estudado como uma, ou mais unidades semânticas.

O significado de um termo corresponde a uma unidade semântica, ou uma unidade cultural, é algo que determinada cultura “definiu como unidade distinta, diversa de outras, podendo ser uma pessoa, uma localidade geográfica, uma coisa, um sentimento, uma presença, uma ideia, uma alucinação” (ECO, 2000, p.56-57).

São as culturas que segmentam o universo perceptível e pensável, e o modo como o fazem dá origem a sistemas de unidades culturais, as quais constituem os significados que ao serem correlacionados a expressões, sob orientação de um código, dão origem aos signos (funções sógnicas).

Os sistemas de signos que constituem as várias formas de linguagem são, portanto, fenômenos socioculturais. Por exemplo, as linguagens da álgebra e da química são linguagens ditas formalizadas, uma vez que seus signos têm origem no fato das expressões se associarem aos significados “por decisão convencional e por isso com base num código” (ECO, 2000, p.153) definidos no interior de comunidades formadas por matemáticos e químicos, respectivamente. Uma vez que é considerada um sistema cultural, constituído por unidades culturais próprias, a linguagem química pode ser analisada no âmbito da semiótica (ECO, 2000).

A apropriação dos signos pelos indivíduos decorre da interação social (WERTSCH, 1988). No caso específico da linguagem química, por exemplo, existe uma dependência da cooperação dos adultos e da atividade de ensino escolar (VIGOTSKI, 2001). A atividade de ensino, que na perspectiva da teoria histórico-cultural, é uma forma específica de cooperação do professor com o estudante. Utilizando a concepção de comunicação de Eco (2000), consideramos que o ensino é um processo de comunicação, uma vez que envolve uma mensagem emitida pelo professor através de numerosos recursos, a voz por exemplo, que é recebida pelo estudante que exerce a função de destinatário. A mensagem do professor sempre solicita do estudante uma resposta de modo que, além de comunicação, ocorre, conjuntamente, o processo de significação.

O objetivo do ensino escolar é propiciar o desenvolvimento dos conceitos que constituem o conhecimento sistematizado produzido pela humanidade numa tentativa de explicar o mundo. Acreditamos que a apropriação desses conceitos pode propiciar o desenvolvimento psíquico do ser humano que é de natureza social e cultural.

Falar sobre o desenvolvimento dos conceitos, um dos aspectos da linguagem, é, portanto, falar sobre o aspecto semântico da linguagem. Do ponto de vista da psicologia, ao tratarmos do desenvolvimento de conceitos e do desenvolvimento de significados das palavras, estaremos abordando o mesmo processo, apenas denominados de forma distinta. Contudo, para a apropriação dos conceitos científicos, especificamente, é necessário a intervenção do ensino como fator de desenvolvimento (VIGOTSKI, 2001).

À vista do exposto, passamos a conceber, então, o processo de ensino como ato de comunicação, e, portanto, como elemento sociocultural.

Nas obras de Vigotski que estudamos encontramos os termos: palavra, signo, conceito e significado. Diante do uso impreciso dos mesmos pelo autor, o que algumas vezes gerou dificuldade de compreensão por nossa parte, buscamos estabelecer algumas relações entre esses termos, no intuito de organizar nossas ideias.

Na perspectiva vigotiskiana a palavra que, muitas vezes parece ser capaz de agir como signo, é — assim como as fórmulas empíricas, um gesto, um desenho—, na realidade, um tipo de expressão de signos. A afirmativa de que a palavra é ao mesmo tempo expressão e significado, passa a ter sentido se considerarmos que isto ocorre na medida em que a palavra exerce a tarefa de veicular os significados constituintes de um conceito, tornando-os perceptíveis àqueles a quem as expressões foram dirigidas.

Esses mesmos significados, na teoria dos códigos de Umberto Eco (2000), foram chamados de conteúdos, ou unidades culturais. Tais significados ao serem correlacionados a expressões — sob orientação de um código (regras de significação) —, contraem a função sógnica que Eco denomina de signo.

Signo este que, na concepção de Vigotski, é elemento artificial de mediação entre os seres humanos e tudo que constitui o mundo exterior: objetos, fenômenos etc. Cabe ao signo a tarefa de “organizar a operação psíquica” (VIGOTSKI; LURIA, 1974, p. 144) humana. Dentre os processos psíquicos que participam das operações psíquicas humanas, destacamos o pensamento.

Recorremos ao pensamento para entendermos o que são, e/ou para que servem os objetos e os fenômenos que nos rodeiam. Podemos pensar de maneira sincrética; por meio de complexos; e por meio de conceitos (estruturas de generalização).

O conceito,

em sua forma natural e desenvolvida, pressupõe não só a combinação e a generalização de determinados elementos concretos da experiência mas também a discriminação, a abstração e o isolamento de determinados elementos e, ainda, a habilidade de examinar esses elementos discriminados e abstraídos fora do vínculo concreto e fatural em que são dados na experiência (VIGOTSKI, 2009, p. 220).

O excerto acima, nos faz compreender que um conceito não é somente a síntese abstrata de atributos sensíveis, mas, também de atributos não sensíveis, isto é, de significados que são discriminados e identificados a partir das experiências não diretas dos sujeitos com objetos e fenômenos.

Uma vez que o pensamento por conceito torna o ser humano capaz de compreender a realidade que o cerca, compreendemos que o conceito exerce o papel de elemento mediador entre os sujeitos e o mundo exterior, agindo, portanto, como um signo. Contudo, o conceito é um tipo particular de signo, por diferir dos demais ao apresentar significados com elevado grau de abstração e generalidade.

Portanto, em síntese, neste trabalho, conceito é um tipo de signo, ou seja, é função sígnica contraída na correlação estabelecida, sob orientação de regras de significação (códigos), entre expressões e significados com elevado grau de abstração e generalidade.

O conjunto formado pelos conhecimentos teóricos da semiótica e da psicologia, e pelas informações adquiridas dos trabalhos já desenvolvidos no âmbito do ensino de química acerca do tema linguagem química, serviu de base para elaborarmos nossa questão de pesquisa, e, conseqüentemente, para definirmos os objetivos geral e específicos de nossa investigação.

#### 1.4 OBJETIVOS

A apropriação dos fundamentos e princípios dos referenciais teóricos estudados e as informações colhidas na revisão de literatura nos levaram a formular a seguinte questão de pesquisa: como os licenciandos em química usam o signo composição química ao se relacionarem com as substâncias presentes nos enunciados dos problemas teóricos de química?

Sendo assim, a nossa investigação objetivou analisar como licenciandos em química usam o signo composição química ao se relacionarem com substâncias envolvidas em problemas teóricos de química.

Tanto a semiótica de Umberto Eco quanto a psicologia de Vigotski considerem o aspecto sociocultural dos signos, embora diferam quanto à forma como analisam o seu uso.

Na perspectiva da semiótica de Umberto Eco o processo de comunicação por meios de signos está relacionado com as atividades de interpretação e tradução das expressões constituintes desses signos. Consideramos, então, que a análise do uso de signos envolve as atividades de interpretação e tradução das expressões, que geram a explicitação dos conteúdos veiculados por tais expressões e, conseqüentemente, os códigos que estabelecem a correlação entre expressões e conteúdos também são evidenciados.

Todavia, nos estudos da relação entre pensamento e linguagem de Vigotski, no âmbito da psicologia, a análise sobre como os signos são empregados não só evidencia os conteúdos/significados veiculados pelas expressões, mas, também, as relações entre tais conteúdos e o grau de desenvolvimento dos mesmos — informações estas que são essenciais para a caracterização do estado de apropriação dos signos pelos sujeitos.

Embora as análises do uso de signos orientadas pela semiótica e pela psicologia sejam distintas, pois, abordam aspectos distintos, consideramos que elas são relacionáveis e se complementam. E ao estabelecermos estas relações, teremos condições de responder à questão de pesquisa.

Portanto, do objetivo geral definimos três objetivos específicos:

- 1) Analisar como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pela semiótica de Umberto Eco;
- 2) Analisar como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pelo estudo sobre pensamento e linguagem de Vigotski e colaboradores;
- 3) Analisar como os processos psíquicos participam das atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas realizadas pelos licenciandos em química ao resolverem problemas teóricos de química.

## 1.5 METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado para dar conta do objetivo previsto foi o qualitativo, por fazer referência ao contexto, além de fornecer uma visão rica do comportamento humano (GUBA; LINCOLN, 1994). O método qualitativo nos permite compreender os sujeitos

participantes como seres históricos, propiciando analisar e caracterizar as condições nas quais ocorre todo o processo investigativo e, não somente, seus resultados e possíveis produtos (TRIVIÑOS, 2007).

### 1.5.1 Os sujeitos da pesquisa

Os participantes da pesquisa poderiam ser alunos dos níveis médio e superior de ensino, já que o tema da pesquisa é comum nas suas vivências como estudantes. Contudo, optamos por contar com a participação dos alunos do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal da Bahia, por dois motivos. Primeiro, por atuar como professora do próprio curso, pensamos que não encontraríamos dificuldade em contar com a colaboração dos estudantes já que estamos em contato permanente com os mesmos, e temos um bom relacionamento. Em segundo lugar, uma vez que é importante que os professores conheçam a matéria a ser ensinada (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2006), — caso contrário, não conseguem planejar atividades de ensino inovadoras e eficientes para a aprendizagem dos educandos—, pensamos que seria relevante analisar como possíveis futuros professores de química interpretam, traduzem e empregam os nome das substâncias e as fórmulas empíricas que veiculam o conceito de composição química. Os resultados da pesquisa podem apontar modos de aperfeiçoar a formação de professores de química.

Fizemos, então, a seleção entre vinte e dois alunos que cursavam, no período entre outubro de 2013 e fevereiro de 2014, as disciplinas Estágio de Química 1; Estágio de Química 3 e Didática e Práxis Pedagógica de Química, ministradas por nós. Decidimos selecionar alunos em diferentes momentos do curso por entendermos que a vivência das disciplinas poderia gerar sistemas conceituais de amplitudes distintas que poderiam ser correlacionados aos nomes das substâncias e às fórmulas empíricas químicas, e assim serem utilizados para resolver os problemas aos quais seriam submetidos.

Solicitamos, então, aos vinte e dois estudantes que marcassem numa planilha as disciplinas específicas de química que compõem a grade curricular do curso de Licenciatura em Química da UFBA, cursadas até outubro de 2013.

Depois que fizemos o levantamento das disciplinas específicas de químicas cursadas por cada um dos estudantes, ficamos com uma amostra de dezoito alunos. Quatro licenciandos não devolveram a planilha.



O passo seguinte foi fazer o convite para que os dezoito licenciandos participassem da pesquisa. Dentre os dezoito, dez se disponibilizaram a participar, e logo agendamos os encontros para as entrevistas.

Os dois primeiros pesquisados agendados foram utilizados para validar os enunciados dos problemas. Em momentos distintos, solicitamos aos licenciandos que respondessem aos três problemas de química. Durante todo tempo que resolviam os problemas observamos e anotamos as condutas dos licenciandos: como interpretaram os enunciados, as dúvidas geradas pelos mesmos, se recorreram à tabela periódica, as dificuldades quanto ao conteúdo químico abordado etc.

Diante do que observamos e após analisarmos os dados anotados, decidimos por realizar alguns ajustes nos enunciados dos problemas, a fim de evitar dúvidas quanto ao solicitado como resposta. Só após realizar as devidas correções nos enunciados dos problemas, passamos, efetivamente, à coleta de dados (resolução dos problemas envolvendo conteúdos químicos concomitante com a entrevista).

Realizamos a coleta de dados com oito licenciandos. E para estarmos coerentes com o paradigma que orientou toda a pesquisa, obtivemos algumas informações sobre os licenciandos: 1) a formação escolar; e 2) atividade profissional já vivenciada; uma vez que estas experiências poderiam vir a explicar os conhecimentos empregados por cada um dos licenciandos no transcorrer da pesquisa. Elaboramos, então, o Quadro 01 com as informações de cada um dos oito licenciandos que participaram da pesquisa.

LICENCIANDOS	INFORMAÇÕES
E1	Estava no 9º Semestre da Licenciatura em Química
	Cursou 100% das disciplinas específicas
	Cursou a Escola Técnica Federal Possui graduação em Química industrial pela UFBA
	Trabalhou na indústria química
E2	Estava no 5º Semestre da Licenciatura em Química
	Cursou 65% das disciplinas específicas
	Cursou o ensino médio na rede estadual de ensino Técnico em química pelo Centro de Educ. Tecnológica do Estado da Bahia
	Trabalhou na indústria química
E3	Estava no 4º Semestre da Licenciatura em Química
	Cursou 53% das disciplinas específicas
	Cursou o ensino médio em uma Escola ligada ao SESI Cursou Edificações no SENAI
	Trabalhou no comércio

Quadro 1: Informações sobre os licenciandos em química participantes da pesquisa.

LICENCIANDOS	INFORMAÇÕES
E4	Estava no 5º Semestre da Licenciatura em Química
	Cursou 59% das disciplinas específicas
	Cursou o ensino médio em um colégio da rede particular de ensino
	Trabalhou como monitor em um curso pré-vestibular
E5	Estava no 7º Semestre da Licenciatura em Química
	Cursou 82% das disciplinas específicas
	Cursou o ensino médio na rede estadual de ensino
	Nenhuma experiência de trabalho
E6	Estava no 4º Semestre da Licenciatura em Química
	Cursou 53% das disciplinas específicas
	Cursou o ensino médio em um colégio da rede particular de ensino
	Trabalha como monitor em um curso pré-vestibular
E7	Estava no 6º Semestre da Licenciatura em Química
	Cursou 82% das disciplinas específicas
	Cursou o ensino médio no Colégio da Polícia Militar da Bahia
	Nenhuma experiência de trabalho
E8	Estava no 8º Semestre da Licenciatura em Química
	Cursou 88% das disciplinas específicas
	Cursou o ensino médio na rede estadual de ensino Técnico em processos industriais no Centro de Educ.Tec.do Est.da Bahia
	Trabalha na indústria química

Quadro 1: Informações sobre os licenciandos em química participantes da pesquisa.

### 1.5.2 Coleta de dados

A partir do objetivo da pesquisa e dos aspectos de análise engendrados pelos referenciais teóricos, ficou claro que era imprescindível, para o desenvolvimento da investigação proposta, um plano de produção de dados onde a questão central fosse o emprego do signo composição química. Pensamos, então, em solicitar aos licenciandos participantes da pesquisa que buscassem soluções para problemas teóricos químicos, tarefa que dependeria do emprego do signo em questão.

Em uma sala de aula da Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia (UFBA), cada participante da pesquisa recebeu três problemas. Considerando que os licenciandos estavam em diferentes estágios do curso de Licenciatura em Química,

procuramos selecionar problemas que não viessem a exigir conhecimentos ainda não adquiridos por não terem cursados determinados componentes curriculares. Para criar a mesma condição para os licenciandos, optamos por problemas adaptados de questões de vestibulares da UFBA e de exercícios de livros didáticos de química do ensino médio, como: Química: ensino médio, volume 1, de Andréa Machado e Eduardo Mortimer (2011).

Solicitamos que resolvessem os problemas e que explicassem oralmente e/ou por escrito os procedimentos adotados. Durante a resolução dos problemas foi permitido ao licenciando consultar a Tabela Periódica.

Os problemas foram entregues um por vez, e na mesma ordem, seguindo a numeração de 1 a 3. Só entregávamos um novo problema após o licenciando considerar que já havia concluído a resolução do anterior.

O primeiro problema, elaborado a partir da adaptação de um exercício de um livro didático de química do ensino médio (MACHADO; MORTIMER, 2011), requeria o uso de fórmulas para a previsão de propriedades como a temperatura de fusão. Estava assim enunciado:

Dentre os pares de substâncias: *a) cal e ferrugem; b) quartzo e seleneto de zinco; c) ácido clorídrico e fluoreto argéntoso*, indique, em cada par, a substância que tem a temperatura de fusão mais baixa. Considere os modelos de ligações químicas e de interações intermoleculares apropriados em cada caso. Informações extras: 1. A força de uma ligação iônica depende da carga dos íons, ou seja, quanto maior a carga, maior será a atração eletrostática entre os íons; 2. Ao comparar substâncias que apresentam mesma força de interação entre seus constituintes, a substância com maior temperatura de ebulição e de fusão será aquela a apresentar maior massa molar.

Uma resolução esperada para o problema seria: para o item “a”, se quanto maior a carga, maior é a atração eletrostática, temos que a atração entre os íons,  $\text{Ca}^{2+}(\text{OH})^-$  é menor que entre os íons  $\text{Fe}^{3+}\text{O}^{2-}$ , logo entre a cal (dihidróxido de cálcio) e o ferrugem (óxido de ferro(III)), o que teria maior ponto de fusão é a ferrugem. Já para o item “b”, uma vez que quanto maior a massa molar, maior sua temperatura de fusão, como o quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) tem massa molar igual a 60g/mol e o seleneto de zinco ( $\text{ZnSe}$ ) tem massa molar igual a 144g/mol, logo o seleneto de zinco deve apresentar maior ponto de fusão. E no item “c”, considerando que o fluoreto argéntoso ( $\text{AgF}$ ) tem massa molar igual a 127g/mol e o ácido muriático, na verdade o ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ), tem massa molar igual a 36g/mol, podemos concluir que o fluoreto argéntoso tem maior ponto de fusão.

Uma vez que o enunciado do problema 1 trazia os nomes das substâncias esperávamos que os licenciandos interpretassem esse tipo expressão do conceito composição

química para que tivessem acesso às informações necessárias para resolver o problema. Outra possibilidade de resolução seria realizar a tradução dos nomes das substâncias para as fórmulas empíricas, que seriam interpretadas para que obtivessem as informações necessárias para propor soluções para o problema 1. Nas duas possibilidades poderíamos identificar quais os elementos das expressões: nomes das substâncias e fórmulas empíricas, seriam interpretados; quais os significados do conceito composição química estariam correlacionados a estes elementos; como estes significados foram relacionados entre si; dentre outros dados.

No segundo problema questionávamos o seguinte:

Que volume de uma solução previamente preparada de barita cáustica 50% (m/m), é necessário para preparar uma solução de barita cáustica 0,1mol.L<sup>-1</sup>?

Um caminho para resolver esse problema seria logo de início calcular a quantidade de matéria de barita cáustica ( $n_1$ ) necessária para preparar 250mL de uma solução com concentração 0,1 molL<sup>-1</sup>. Como a concentração é igual à quantidade de matéria dividida pelo volume, encontraríamos que a quantidade de matéria seria igual a 0,025 mols ( $n_1$ ).

Após calcular a quantidade de matéria de barita cáustica, a partir do volume e da concentração indicados, passa-se ao cálculo da massa da substância referente à quantidade de matéria já obtida. Para esse cálculo é preciso determinar a massa molar da substância, que é definida pelo somatório das massas atômicas dos elementos que constituem a substância. Sendo assim, é necessário conhecer a fórmula mínima ou molecular da mesma. Uma vez conhecida a massa da substância, e diante da concentração solicitada para a solução, pode-se calcular a massa da solução que contém certa massa da substância.

Realizado o cálculo da massa ( $m_1$ ) de barita cáustica correspondente a esta quantidade de matéria ( $n_1$ ), faríamos o cálculo da massa molar. Como a fórmula da barita cáustica (dihidróxido de bário) é Ba(OH)<sub>2</sub>, verifica-se, então, que a substância apresenta os seguintes elementos: Ba, O e H. Na tabela periódica obtém-se os valores de massa atômica de cada elemento: do Ba = 137u; do O = 16u; do H = 1u. Levando em conta que os índices numéricos da fórmula Ba(OH)<sub>2</sub>, informam a proporção quantitativa entre os elementos: 1 Ba: 2O: 2H, realiza-se, então, o cálculo da massa atômica que deve ser igual a 171 g.mol<sup>-1</sup>.

Uma vez que 1 mol de dihidróxido de bário corresponde à massa molar do dihidróxido de bário que é igual a 171 g.mol<sup>-1</sup>, 0,025 mols de dihidróxido de bário irá corresponder a 4,3 g.

Em seguida, faríamos o cálculo da massa de solução 50% (m/m)  $m_2$  que contém massa de dihidróxido de bário igual a  $m_1$ , o resultado seria:  $m_2 = 8,6$  g.

E enfim, determina-se o volume da solução (alíquota) que contém a massa da solução sabendo a massa específica da mesma, ou seja, o cálculo do volume da solução (alíquota) que contém a massa ( $m_2$ ) de dióxido de bário 50% (p/p). Dado: massa específica =  $3,7 \text{ g mL}^{-1}$ . Portanto o volume da alíquota é igual a 2,3 mL.

No problema 2, dentre os procedimentos que compõem sua resolução, o que mais nos interessa é o cálculo da massa molar, que depende da interpretação da barita cáustica (nome da substância) e, se necessário, sua tradução para a fórmula química. Caso recorressem à fórmula empírica:  $\text{Ba(OH)}_2$ , poderíamos esperar pela interpretação da mesma. Tais procedimentos poderiam nos fornecer os seguintes dados: quais os elementos das expressões: nomes das substâncias e fórmulas empíricas, seriam interpretados? Quais os significados do conceito composição química estariam correlacionados a esses elementos? Como estes significados foram relacionados entre si; dentre outros dados?

O enunciado do terceiro problema foi elaborado a partir de uma questão de vestibular (UFBA, 2013):

O primeiro composto de gás nobre foi obtido em 1962 por Neil Bartlett, enquanto trabalhava como docente na Universidade de British Columbia, Estados Unidos. O trabalho repercutiu no meio científico e acabou com a crença de que os gases nobres eram quimicamente inertes. Desde aquela época, vários compostos de xenônio com flúor, e com oxigênio foram obtidos diretamente da reação entre os dois elementos químicos, e entre os compostos contendo oxigênio formados quando esses fluoretos reagem com água (hidrólise lenta do hexafluoreto de xenônio, na presença de umidade do ar, que leva à produção de trióxido de xenônio sólido e ácido fluorídrico gasoso). Sabendo que o  $\Delta H^\circ_{\text{reação}}$  é igual a  $-182 \text{ kJmol}^{-1}$ , e considerando os valores das variações de entalpia padrão apresentados na tabela abaixo, e que o valor da variação de entalpia padrão de vapor de água é igual a  $-242 \text{ kJmol}^{-1}$ , calcule o valor da variação de entalpia padrão do trióxido de xenônio.

Substância química	Entalpia padrão de formação, $\Delta H^\circ_f$ , em $\text{kJmol}^{-1}$
hexafluoreto de xenônio sólido	- 298
ácido fluorídrico gasoso	- 268

Sabemos que no processo de determinação da variação de entalpia padrão de formação de uma substância, há dependência da equação química, uma vez que o referido cálculo envolve as quantidades de matéria das substâncias participantes, representadas pelos coeficientes numéricos presentes na equação química. Por sua vez, a determinação das quantidades de matéria, definidas no balanceamento, depende da escrita das fórmulas

mínimas ou moleculares que representam as substâncias envolvidas e que constituem a equação química.

Portanto, para esse problema esperávamos a seguinte resolução: um primeiro passo seria escrever a equação:  $\text{XeF}_6(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{v}) \rightarrow \text{XeO}_3(\text{s}) + 6\text{HF}(\text{g})$ . O que implicaria na escrita das fórmulas de cada reagente e produtos, e em seguida o balanceamento da equação química. Depois passariam ao cálculo da variação de entalpia do  $\text{XeO}_3(\text{s})$ , a partir das variações de entalpia de formação de  $\text{XeF}_6(\text{s})$  e de  $\text{HF}(\text{g})$ , do valor da variação de entalpia padrão de  $\text{H}_2\text{O}(\text{v})$  e da variação de entalpia da reação. O resultado seria:  $\Delta H \text{XeO}_3 = +402\text{kJmol}^{-1}$ .

Nossa atenção estaria dirigida, principalmente, para dois procedimentos: a escrita da equação  $\text{XeF}_6(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{v}) \rightarrow \text{XeO}_3(\text{s}) + 6\text{HF}(\text{g})$ , uma vez que implicaria na escrita das fórmulas de cada reagente e produtos; e, também, para o balanceamento da equação química. A partir da observação desses procedimentos poderíamos obter os seguintes dados: os elementos das expressões: nomes das substâncias e fórmulas empíricas, que seriam interpretados; os significados do conceito composição química correlacionados a estes elementos; e como estes significados foram relacionados entre si; dentre outros dados.

Uma vez que, o nosso acesso como pesquisador ao uso do signo composição química dependeria da linguagem externa (falada e/ou escrita) dos licenciandos, pensamos em utilizar a técnica da entrevista semiestruturada à medida que os licenciandos resolviam os problemas. Por meio da entrevista procuramos estabelecer diálogo com o licenciando, obtendo informações a partir do ponto de vista dos mesmos (LICHTMAN, 2010), sobre a forma como empregavam o signo composição química.

No início da entrevista explicamos o nosso propósito, o que iríamos fazer com as informações que eles nos forneceria; como iríamos tratá-las; e informamos que a entrevista poderia durar até uma hora. Entregamos o termo de consentimento livre-esclarecido (TCLE), que foi assinado pelo entrevistado comprovando o consentimento da entrevista, e sua permissão para gravá-la em áudio e vídeo.

Durante a entrevista fizemos notas de perguntas, comentários e comportamentos dos entrevistados que consideramos relevantes. Buscamos concentrar a escuta no que estava sendo dito e, quando necessário, fazíamos alguma questão para maiores esclarecimentos. Buscamos, neste momento da entrevista, fornecer a oportunidade ao participante para falar mais, esclarecer suas respostas e revelar suas ideias sobre a resolução do problema, mais especificamente, sobre o uso de nomes de substâncias e de fórmulas químicas. Fizemos uma questão por vez para dar chance do entrevistado responder; depois de cada pergunta, sempre

esperávamos um intervalo mínimo de tempo e deixávamos o entrevistado formular seus pensamentos. Procuramos ficar atentos aos momentos mais adequados para interromper o entrevistado (quando estivesse fugindo ao assunto) e para não interrompê-lo (quando ele estivesse falando sobre o assunto).

Após a resolução dos problemas, fizemos mais algumas perguntas (Quadro 2) previamente definidas a todos os pesquisados, o que constituiu um segundo momento de entrevista.

Quadro 2: Entrevista semiestruturada.

Nome-	
Curso na graduação-	Ano de ingresso-
Escola do ensino médio -	Ano de conclusão do ensino médio-
Curso técnico-	Ano de conclusão-
Trabalha como-	
Quando ouve a palavra fórmula, em que você pensa?	
Em que tipo de fórmula química você pensa assim que ouve o termo fórmula?	
Lembra quando lhe apresentaram pela primeira vez uma fórmula química?	
Recorda como lhe ensinaram a elaborar uma fórmula química?	
Conhece alguma regra para escrever as fórmulas químicas?	
Com que químico você relaciona a proposição das fórmulas químicas?	
Consegue relacionar a fórmula química à alguma teoria ou lei inerente à ciência química?	
Lembra de ter estudado a história das fórmulas químicas? Quando? Em alguma disciplina específica?	

As informações obtidas por meio desse novo conjunto de perguntas iriam nos auxiliar no momento em que estivéssemos analisando o emprego do signo composição química pelos pesquisados na resolução de problemas. Além disso, nos auxiliaria a traçar um perfil mais geral dos pesquisados, em relação à formação escolar e à atuação profissional, aspectos sociais que participam da formação do conhecimento científico e espontâneo, conseqüentemente, do desenvolvimento da consciência que irá fazer a leitura da realidade.

Ao passo que os licenciandos resolviam os problemas de química, os observei presencialmente. Embora a presença do pesquisador seja considerada uma desvantagem dessa técnica, não acreditamos que tenhamos interferido de forma significativa na espontaneidade dos licenciandos, a ponto de termos produzido resultados pouco confiáveis. Creditamos isso, ao fato dos licenciandos não terem apresentado sinais de constrangimento, timidez, receio e por terem agido naturalmente, além de termos tido o cuidado de não nos tornarmos cúmplices dos fatos observados e de não promovermos distorções nos eventos.

Além de gravarmos toda a etapa de coleta de dados com uma câmara de vídeo captando áudio e imagem, registramos nossas observações sobre os comportamentos e falas dos licenciandos em forma narrativa, visando preservar, sob a forma escrita, as informações

na sequência em que ocorreram e da maneira como aconteceram, objetivando, muitas vezes, pouca ou nenhuma interpretação do seu conteúdo.

### 1.5.3 Análise dos dados coletados

Trabalhamos com os dados coletados utilizando a metodologia de análise de conteúdo. Optamos por essa metodologia, porque, assim como o construcionismo, tal metodologia considera a possibilidade de existirem múltiplos significados em uma mesma mensagem, já que podem existir múltiplas possibilidades de análise. Todas essas possibilidades estão relacionadas ao contexto em que a comunicação se verifica, isto significa que “é preciso considerar, além do conteúdo explícito, o autor, o destinatário e as formas de codificação e transmissão da mensagem” (MORAES, 1999, p. 10).

A análise de conteúdo propicia a descrição e a interpretação do conteúdo de documentos e textos. Por sua vez, a produção de descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, pode auxiliar na reinterpretação de mensagens e na compreensão de seus significados superando os resultados alcançados decorrentes de uma simples leitura (MORAES, 1999).

Existem diferentes propostas de procedimentos para a análise de conteúdo (ROQUE, 1999; BARDIN, 2002). Neste trabalho realizamos a análise dos dados a partir das seguintes etapas: 1) Segmentação das transcrições; 2) Codificação (unitarização ou transformação do conteúdo em unidades); 3) Categorização; 4) Descrição e 5) Interpretação.

A fim de demonstrarmos como procedemos de uma maneira geral nas etapas de segmentação, codificação e categorização, a seguir apresentamos um exemplo.

Para iniciar o tratamento dos dados produzidos, transcrevemos, para o formato de texto, o áudio gravado durante a resolução das situações problemas pelos licenciandos, que ocorreu concomitante com as entrevistas e as observações.

Depois de transcrever os dados, passamos à etapa da segmentação, na qual foram definidas unidades de análise de significado para duas frentes de investigação: (1) das atividades de interpretação e tradução das expressões nomes das substâncias e fórmulas empíricas; e (2) do emprego funcional do signo composição química. Em ambas as frentes de investigação, as unidades de análise foram trechos selecionados dos textos gerados das entrevistas. Ao mesmo tempo, realizamos a codificação marcando os segmentos com colchetes para definir onde começavam e onde terminavam. Optamos por usar como códigos,



frases para caracterizar o segmento marcado. No Quadro 3 abaixo apresentamos um exemplo de como procedemos nas etapas de segmentação e codificação.

SEGMENTAÇÃO - (1) das atividades de interpretação e tradução dos nomes das substâncias.	CODIFICAÇÃO
<p>P: Barita cáustica, como você escreve a fórmula a partir desse nome?</p> <p>E1: cáustica... hidróxido e barita porque eu já conheço onde fica o elemento, pois eu trabalhei muito e me lembrou muito cloreto de bário <math>BaCl_2</math>, durante anos eu preparei solução de <math>BaCl_2</math>, é tanto que eu não fui nem pegar o número de peso atômico, mas nem olhei se era isso mesmo...</p> <p>P: Sim, mas daqui pra cá qual é o raciocínio que você faz? De cloreto de bário para hidróxido de bário? O que é que tem de semelhante aqui que levou você a escrever isso?</p> <p>E1: O número... a carga do bário.</p> <p>P: Aqui (aponto para o cloreto) você sabe a carga do bário...</p> <p>E1: Isso, o cloro é menos um, e o bário mais dois</p> <p>P: Então aqui (aponto para a fórmula <math>Ba^{+2}(OH)_2</math>) também é. Aí se aqui, o que você estava explicando antes, se essa carga daqui é dois mais vai precisar...</p> <p>E1: Isso de duas hidroxilas.</p> <p>P: Porque a carga da hidroxila é...</p> <p>E1: Menos um.</p>	<p>[E1: cáustica... hidróxido e barita porque eu já conheço onde fica o elemento, pois eu trabalhei muito e me lembrou muito cloreto de bário <math>BaCl_2</math>, durante anos eu preparei solução de <math>BaCl_2</math>, é tanto que eu não fui nem pegar o número de peso atômico, mas nem olhei se era isso mesmo...] – <i>Interpretação do nome barita cáustica, usando o conhecimento de que em um composto o somatório das cargas dos elementos deve ser igual a zero.</i></p>

Quadro 3: Exemplo de segmentação e codificação dos dados coletados.

O passo seguinte foi a categorização, isto é, agrupamos segmentos com características semelhantes, marcados com o mesmo código (Quadro 4). Assim, definimos as categorias que são os blocos construtores básicos da análise dos dados em uma pesquisa qualitativa (JOHNSON; CHRISTESEN, 2012). É através da identificação e estudo das categorias que o pesquisador qualitativo dá significado aos seus dados, tornando-os evidentes. Porém, em cada uma das frentes usamos parâmetros de análise específicos. Para a análise dos procedimentos de interpretação e tradução das expressões nome das substâncias e fórmula empírica correlacionados ao conceito de composição química dos materiais, usamos como categorias as ações de interpretação associadas aos tipos distintos de nomes das substâncias, além das árvores componenciais referenciais usadas por nós para analisar as árvores componenciais<sup>8</sup> que foram produzidas a partir dos procedimentos de resoluções das questões de química pelos licenciandos. Para a segunda frente de investigação, fizemos uso de esquemas conceituais hierárquicos<sup>9</sup> produzidos para tornar perceptível, e passível de análise, o modo de pensar dos licenciandos acerca do conceito composição dos materiais — requerido para a resolução dos problemas propostos — dando evidência aos significados (conceitos subordinados) que estavam a ele relacionados.

<sup>8</sup> Instrumento de análise semiótico que evidencia os significados correlacionados a expressões (ECO, 2011).

<sup>9</sup> Representação de uma região do globo da ciência química que corresponde ao conceito composição química.

<p>CATEGORIZAÇÃO- <i>Ações de interpretação associadas aos tipos distintos de nomes das substâncias.</i></p>
<p>Código - Interpretação do nome barita cáustica, usando o conhecimento de que em um composto o somatório das cargas dos elementos deve ser igual a zero.</p>
<p>[E1: Cáustica... hidróxido e barita porque eu já conheço onde fica o elemento, pois eu trabalhei muito e me lembrou muito cloreto de bário <math>BaCl_2</math>, durante anos eu preparei solução de <math>BaCl_2</math>, é tanto que eu não fui nem pegar o número de peso atômico, mas nem olhei se era isso mesmo...]</p>
<p>[E2: Se eu soubesse a fórmula química dela (aponta para o nome da barita) sei lá, barita cáustica, alguma coisa OH, não sei... Bário, bário está na família 2A, não é? (olha na tabela periódica). Então eu vou ter <math>Ba(OH)_2</math>.]</p>
<p>[E6: Só se... como soda cáustica é NaOH, eu "tô" achando que é <math>Ba(OH)_2</math>.]</p>
<p>[E8: Barita cáustica, barita vem de bário que é um metal ligado a hidroxila de cáustica. Fica BaOH. Não... fica <math>Ba(OH)_2</math>.]</p>

Quadro 4: Exemplo de categorização dos dados coletados.

Visando a integração dos resultados obtidos das ações de transcrição, segmentação, codificação e categorização com o paradigma e os referenciais teóricos, passamos a estabelecer relações entre as categorias. De acordo com Johnson e Christesen (2012), o termo relações, para um pesquisador qualitativo, tem um significado diferente para um pesquisador quantitativo. Este último direciona a atenção e esforços para examinar as relações entre as variáveis, já o investigador qualitativo adota um significado mais amplo para o termo relação, que se refere a diferentes tipos de conexões entre elementos, incluindo, mas não limitando, às variáveis.

Diante dos dados tratados, passamos para às etapas de descrição e interpretação. Como já salientamos anteriormente, essas etapas compõem a análise de conteúdo que, segundo Bardin (2002), prevê o desvendamento de significações de diferentes tipos de discursos, baseando-se na inferência ou dedução, mas que, simultaneamente, respeita critérios específicos propiciadores de dados em frequência, em estruturas temáticas, entre outros. Ao apresentarmos a descrição e a interpretação dos dados obtidos, estamos comunicando os resultados da nossa pesquisa.

A descrição é o primeiro momento desta comunicação, portanto produzimos textos síntese para expressar as unidades de análise presentes nas categorias analisadas, para isso apresentamos citações direta dos dados originais. Este foi o momento de expressarmos os significados captados e intuídos das mensagens analisadas.

Na interpretação exploramos os significados expressos tendo como elementos norteadores as categorias de análise, os referenciais teóricos e os objetivos da pesquisa.

Ressaltamos que, neste trabalho, as etapas de segmentação, codificação e Categorização estão apresentadas na seção Metodologia, já as etapas de descrição e interpretação estão na seção Análise e Resultados.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DA TESE

O texto da tese está organizado em cinco capítulos.

O primeiro é a Introdução, na qual explicamos como elaboramos a questão da pesquisa, ao demonstrarmos como a nossa experiência como docente engendrou a inquietação sobre a apropriação da linguagem química pelos estudantes da educação básica e pelos licenciandos em química, e como os trabalhos publicados sobre este mesmo tema; a identificação de lacunas; o paradigma norteador da pesquisa; e os aspectos gerais da psicologia histórico-cultural e da teoria geral dos signos de Umberto Eco, nos ajudaram a construir o argumento para propor o objetivo geral e os objetivos da pesquisa. Ainda na Introdução apresentamos a metodologia e a organização do texto da tese. Por fim indicamos as referências desse primeiro capítulo.

A tese foi estruturada na forma de múltiplos artigos. A escolha por este formato decorreu por termos identificado algumas vantagens. Por exemplo, pensando em termos de produtividade, a escrita no formato de múltiplos artigos propicia que ao final da tese, após a avaliação da banca, já tenhamos um conjunto de artigos para encaminhar para a publicação (TEIXEIRA, 2011). Diferente do formato monográfico, do qual temos o trabalho de posteriormente transformá-lo em artigos para as revistas.

Caso os artigos sejam publicados em revistas de grande circulação na sua área de conhecimento, os conteúdos dos mesmos terão maior visibilidade do que se fossem capítulos de uma tese no formato monográfico que geralmente é lida por poucos. Alcançar maior visibilidade, significa maior possibilidade de contribuir para a formação e/ou para o trabalho de professores e de pesquisadores da mesma área ou área afins (TEIXEIRA, 2011).

Outra vantagem é a chance do pesquisador fazer uso de diversos métodos e técnicas nos diferentes artigos, o que contribui para sua formação.

Porém, escrever no formato de múltiplos artigos pode apresentar como desvantagem, uma visão fragmentada da tese, já que os artigos apresentam certa independência entre si (TEIXEIRA, 2011). Cabe à introdução geral da tese (capítulo 1) tentar desfazer essa visão, apresentando o argumento que deu origem ao objetivo geral e aos objetivos específicos da investigação, que por sua vez engendraram a concepção de cada artigo.

Neste trabalho, os três artigos se conectam ao abordarem, à luz de conhecimentos semióticos e psicológicos, o processo de significação, isto é, o emprego de signos que representam objetos, eventos, fenômenos do mundo.

Uma vez que a escrita da tese, por meio de múltiplos artigos, apresenta mais vantagens do que desvantagens, decidimos escrever a tese nesse formato. Por isso, os capítulos dois, três e quatro foram escritos na forma de artigos científicos para que, posteriormente, possam ser adaptados às normas de publicação dos periódicos da área, aos quais serão submetidos.

No capítulo dois, apresentamos os resultados da análise sobre como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pela semiótica de Umberto Eco. Neste capítulo/artigo temos uma pequena introdução explicando seu objetivo. Em seguida abordamos o referencial teórico de forma mais detalhada, ou seja, são expostas as ideias sobre o signo, ou função sígnica, na perspectiva da semiótica de Umberto Eco. Depois, desenhamos a metodologia particular adotada. Na sequência foram apresentados a análise dos resultados produzidos. Para encerrar esse capítulo expomos as discussões e conclusões provisórias sobre os resultados alcançados e as referências específicas deste capítulo/artigo.

O capítulo três segue praticamente a mesma estrutura do capítulo 2, mas teve como objetivo apresentar os resultados da análise sobre como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pelo estudo sobre pensamento e linguagem de Vigotski e colaboradores. Neste capítulo/artigo escrevemos uma pequena introdução explicando o objetivo específico desse capítulo. Na sequência expomos o referencial teórico destacando as concepções de Vigotski e colaboradores sobre o emprego dos signos na resolução de situações-problemas. Depois, explicamos a metodologia específica que foi utilizada. Em seguida, apresentamos a análise dos resultados produzidos. E por fim, expomos as discussões e conclusões sobre os resultados alcançados, e as referências específicas deste capítulo/artigo.

Já no capítulo quatro (artigo 3), tomando como referências os resultados obtidos das duas frentes de investigação já realizadas acerca do emprego do signo composição química, e por considerar que ainda era preciso tratar das atividades de interpretação e tradução das expressões dos signos sob o aspecto da participação dos processos psíquicos, realizamos uma investigação com o objetivo de analisar como os processos psíquicos participam das atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas realizadas pelos

licenciandos em química ao resolverem problemas teóricos de química. A estrutura desse capítulo/artigo é semelhante aos anteriores, sendo composto de introdução na qual explicamos o objetivo específico desse capítulo. O referencial teórico evidencia as concepções de Vigotski e colaboradores, principalmente de Luria, acerca dos processos psíquicos relacionados às atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas que veiculam os significados do conceito composição química. Depois, apresentamos a metodologia elaborada, particularmente, para este terceiro artigo, e em seguida, apresentamos a análise dos resultados produzidos. Para finalizar o artigo evidenciamos nossas conclusões acerca dos resultados, e as referências.

O capítulo cinco encerra a tese. São as considerações finais sobre as conclusões alcançadas nos capítulos dois, três e quatro, visando responder à pergunta da pesquisa: como licenciandos em química se relacionam (lidam) com o signo composição química, ao resolverem problemas de química? São apontadas implicações para a prática pedagógica e para futuras pesquisas.

## 1.7 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO NETO, W. N. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. *Química nova na escola*. N. 7, dezembro, pp.13-22, 2007.
- ARAÚJO NETO, W. N. Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química. *Revista Virtual de Química*, Vol. 4, nº 6, pp. 719-738, 2012. Disponível em: <<http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewFile/289/282>> Acesso em dezembro de 2012.
- ARROJO, Rosemary. *O signo desconstruído: implicações para a tradução, a leitura e o ensino*. 2ª e. Campinas: Pontes Editores, 2003.
- ARROJO, Rosemary. A tradução como “problema teórico”, as estratégias do logocentrismo e a mudança de paradigma. *TRADTERM*, v.1, pp. 39-48, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/tradterm/article/view/49945/54068>>, acesso em maio de 2016.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2002.
- BELMAR Garcia, A.; SÁNCHEZ, Bertomeu J.R. Lenguaje, ciencia e historia: una introducción histórica a la terminología química. *Alambique*, 17, pp. 20-37, 1998.
- BRADLEY, J. D.; STEENBERG, E. Symbolic language in chemistry – a new look at an old problem. *Chemical Education International*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-29, 2008. Disponível: <<http://old.iupac.org/publications/cei/vol8/0801xSteenberg.pdf>> Acesso em agosto 2011.

CAMEL TANIA DE O.; CARLOS B. G.KOEHLER; CARLOS A. L.FILGUEIRAS. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. *Química nova*. Vol. 32, n.2, pp. 543-553, 2009.

CARVALHO, Anna M. P. de; GIL-PÉREZ, Daniel. *Formação de professores de Ciências*. 8ª ed. São Paulo: Cortez, 2006.

CACHAPUZ, Antonio; PAIXÃO, Fátima. Mudanças na prática de ensino da química pela formação dos professores em história e filosofia das ciências. *Química nova na escola*. v. 1, n. 18, p.31-36, 2003.

CONNELY, Neil G. et al. Nomenclature of inorganic chemistry – IUPAC recommendations 2005. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. Available: < [http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red\\_Book\\_2005.pdf](http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf)> Accessed: March 3, 2015.

CROSLAND, Maurice P. *Estudios históricos em el lenguaje de la química*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.

CROTTY, Michael. *The foundations of social research: meaning and perspective in the research process*. London: Sage, 1998.

ECO, Humberto. *Tratado geral de semiótica*. 3ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.

\_\_\_\_\_. *Quase a mesma coisa*. Rio de Janeiro: Edições BestBolso, 2011.

\_\_\_\_\_. *Os limites da interpretação*. 2ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2015.

FARRÉ, Andrea S.; ZUGBI, Santiago; LORENZO, M. Gabriela. El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios. El lenguaje químico como instrumento para la construcción de conocimiento. *Educación Química*, vol. 1, Nº 25, p.14-20, dezembro de 2013. Disponível: < <http://www.scielo.org/php/index.php> > Acesso em fevereiro 2014.

FINATTO, Maria José Bocorny. *Definição terminológica: fundamentos teórico-metodológicos para sua descrição e explicação*. Tese de Doutorado em Estudos da Linguagem apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Letras da UFRGS, 2011.

GALAGOVSKY, Lydia; GIUDICE, Jimena. Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 85-99, 2015. Disponível: < <http://www.scielo.org/php/index.php> > Acesso em dezembro, 2015.

GOODMAN, N. *Languages of Art*. 2nd ed. USA: Hackett, 1976.

GOIS, Jackson; GIORDAN, Marcelo. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. *Química Nova na Escola*, nº 7, pp. 37-42, 2007.

GONÇALVES, Fabiano B. Estudos de tradução e semiologia: as contribuições de Umberto Eco. *Organon*, nº 37, v.18, 2004. Disponível em < <http://seer.ufrgs.br/organon/issue/view/1733/showToc>>. Acesso em: dezembro, 2015.

GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. W. *Competing paradigms in qualitative research*. In: N. K. DENZIN; Y. S. LINCOLN (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage, 1994. p. 105-117.

HJELMSLEV, Louis. *Prolegômenos a uma teoria da linguagem*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

HOFFMANN, Roald; LASZLO, Pierre. Representation in Chemistry. *Angewanted Chemie International Edition in English*, vol.30, n 01, p. 1-16, 1991.

JOHNSON, B.; CHRISTENSEN, L. *Educational research: quantitative, qualitative, and mixed approaches*. Thousand Oaks: Sage, 2012.

JOVCHELOVITCH, Sandra. *Os contextos do saber: representações, comunidade e cultura*. Petrópolis: Vozes, 2008.

KAVAK, Nusret. ChemOkey: A Game to Reinforce Nomenclature. *Journal of Chemical Education*, v89 n8 p1047-1049 Aug 2012. Disponível: < <https://eric.ed.gov/>> Acesso em agosto 2011.

KOZMA, R.B.. "The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry". In: M. JACOBSON & R. KOZMA, *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning*. Mahwah, NJ: Erlbaum. pp. 11-46, 2000.

LARA, Marilda L. G. de. O Unicórnio (o Rinoceronte, o Ornitorrinco ...), a Análise Documentária e a Linguagem Documentária. *DataGramaZero - Revista de Ciência da Informação*, v.2, n.6, 2001. Disponível em:<[http://www.dgz.org.br/dez01/Art\\_03.htm](http://www.dgz.org.br/dez01/Art_03.htm)>. Acesso em abril de 2013.

LAVOISIER, Antoine-Laurent. *Tratado Elementar de Química*. Tradução: Fulvio Lubisco. São Paulo: Madras, 2007. (Original publicado em 1789).

LAZLO, P. A palavra das coisas ou a linguagem da química. Lisboa: Gradiva, 1995.

LICHTMAN, M. *Qualitative research in education: a user's guide*. Thousand Oahs: Sage, 2010.

MACHADO, Andréa; MORTIMER, Eduardo. *Química: ensino médio*. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2011, v.1, p.275.

MALDANER, Otávio Aloisio. *A formação inicial e continuada de professores de química*. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003, p.162 -165.

MARTELLOTA, M. Eduardo (org.). *Manual de Linguística*. São Paulo: Contexto, 2010.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. *Revista Educação*, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MOURA, Manoel O. de. *A atividade pedagógica na teoria Histórico-cultural*. Brasília, Liber livro, 2010.

OLIVEIRA, Edilson M. de; ALMEIDA José Luis V. de; ARNONI, Maria Eliza B. Mediação dialética na educação escolar: teoria e prática. São Paulo: Edições Loyola, 2007.

ROQUE, Nídia; SILVA, José Luis P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. *Química. Nova*, Vol. 31, No. 4, 921-923, 2008. Disponível: < <http://www.scielo.org/php/index.php> > Acesso em agosto 2011.

SILVA, Dora, R. da. O enigma de QAF: uma análise da tradução. *Revista Percursos Linguísticos*, v.5, n.10, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.ufes.br/percursos/article/view/8474/7694>> Acesso em maio de 2016.

TASKIN, Vahide; BERNHOLT, Sascha. Students' Understanding of Chemical Formulae: A Review of Empirical Research. *International Journal of Science Education*, Vol. 36, No. 1, pp. 157-185, 2014. Disponível: < <https://eric.ed.gov/>> Acesso em dezembro 2014.

TEIXEIRA, Elder S.; FREIRE Jr., Olival; EL-HANI, Charbel N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. *Ciência e educação*. Bauru, 2009, vol.15, n.3, pp. 529-556.

TEIXEIRA, Elder S. *Argumentação e Abordagem Contextual no Ensino de Física*. 2010. 143 f. Tese (Doutorado em Ensino, História e Filosofia das Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia. Disponível em: <[https://twiki.ufba.br/twiki/pub/PPGEFHC/DissertacoesPpgefhc/Elder\\_Sales\\_Teixeira\\_2010.pdf](https://twiki.ufba.br/twiki/pub/PPGEFHC/DissertacoesPpgefhc/Elder_Sales_Teixeira_2010.pdf)> Acesso em: junho de 2011.

TERRA, Ernani. *Linguagem, língua e fala*. 2ª ed. São Paulo: Scipione, 2008.

TRIVIÑOS, A. N. SILVA. *Introdução à pesquisa em ciências sociais - A pesquisa qualitativa em Educação*. São Paulo: Atlas, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA). *Vestibular UFBA 2013-Caderno 5, 2ª fase, Física e Química*. Salvador, 2013, 20 p.

VIANNA, H. M. *Pesquisa em educação – a observação*. Brasília: Liber Livro Editora, 2007.

VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009 (2001).

\_\_\_\_\_. *A formação social da mente*. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

\_\_\_\_\_. *Obras Escogidas*. Madrid: A. Machado Libros, 2001.

VYGOTSKY, Lev; LURIA, Alexander. Tool and symbol in child development. In: VAN DER VEER, René; VALSINER, Jean. *The Vygotsky Reader*. Cambridge: Blackwell, 1974.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. *Investigação em ensino de ciências*, vol. 6, pp.275- 290, 2011.

WINIGER, STEPHEN J. Contemplating The Finger: Visuality and the Semiotics of Chemistry. < <http://hydra.icgeb.trieste.it/~pongor/biophys-homepage/General/Weininger-FINGER3a.pdf> 1998>, acesso em agosto, 2011.

WOOD, Lorelei. Representing Chemistry: How Instructional Use of Symbolic, Microscopic, and Macroscopic Mode Influences Student Conceptual Understanding in Chemistry. *ProQuest LLC*, Ph.D. Dissertation, Arizona State University, 2013. Disponível: < <https://eric.ed.gov/>> Acesso em fevereiro 2014.

ZINGALES, ROBERTO. Nascita ed evoluzione del linguaggio chimico. IN.: *Quaderni di Ricerca in Didattica (Science)*. G.R.I.M. (Department of Mathematics, University of Palermo, Italy), 2010, n. 1, pp.61 – 84.



## 2- ARTIGO I - MEDIAÇÃO SEMIÓTICA EM QUÍMICA: COMPOSIÇÃO DOS MATERIAIS

### 2.1 INTRODUÇÃO

No âmbito da Educação, destacamos o papel do “signo, que envolve a constituição do sentido, significado e significação, essenciais na compreensão e constituição dos seres humanos na cultura, que é, a final, a função da escola” (MALDANER, 2003, p.33). Se cabe à escola promover a apropriação de signos, é preciso que professores e futuros professores saibam como os signos se constituem e como contribuem para a formação dos aprendizes.

Como professora e pesquisadora da área de ensino de química sei que existem diferentes significados, e até alguns ilegítimos em determinados contextos, associados aos signos químicos utilizados no ensino médio. Este é um problema que pode acompanhar os estudantes que ingressam nos cursos de química no nível superior, como por exemplo, na Licenciatura em Química. Ao ser responsável pelas disciplinas de estágio e didática e práxis pedagógica no ensino de química, pude perceber que, mesmo durante o curso de licenciatura as dificuldades com a linguagem química, oriundas da educação básica, permanecem.

A linguagem química tem como tarefa a representação das ideias, ou conceitos, da ciência química. A química, historicamente, descreve, explica e prevê fatos materiais e, em tais tarefas, emprega tanto as linguagens naturais (concernentes às comunidades linguísticas onde os químicos atuam) quanto uma forma de linguagem especial, composta por: 1) termos (provenientes da linguagem natural ou convencionados) cujos significados são próprios da química, por exemplo: conceitos químicos: substância, reação, metal, orbital; nomes de substâncias e de classes de substâncias: etilenoglicol, fulerenos; 2) símbolos dos elementos químicos: H, S, Ca; fórmulas químicas e reações químicas:  $C_2H_6$ ,  $N_2O_4$ ;  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

Na perspectiva da psicologia histórico-cultural de Vigotski e colaboradores (2009) são os signos que possibilitam a sociabilidade entre os homens, além de explicar a origem social da consciência. São os signos que representam os objetos na consciência dos seres humanos. Recorremos aos signos para lembrar, comparar, relatar, escolher etc., ações análogas ao uso de instrumentos e de ferramentas pelo homem, porém, que ocorrem no plano psicológico, conferindo novas formas à operação psicológica e possibilitando aos seres humanos o autocontrole do seu comportamento e a compreensão do real.

Os signos e os processos significativos são estudados, também, na perspectiva da semiótica. O signo, na concepção de Charles Peirce (2010, p. 46), é aquilo que “representa algo para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria, na mente da pessoa, um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido [...] O signo representa alguma coisa, seu objeto”. Um exemplo de signo é a palavra, que, às vezes, na mente de algumas pessoas, é considerada como o próprio objeto, ou seja, a palavra se coloca em lugar de algum objeto (PEIRCE, 2010). Fazendo uma releitura dessa concepção, Umberto Eco estabelece uma condição na qual o signo é “tudo quanto, à base de uma convenção social previamente aceita, possa ser entendido como algo que está no lugar de outra coisa” (ECO, 2000, p.10). Há um signo “toda vez que um grupo humano decide usar algo como veículo de outra coisa” (ECO, 2000, p.12).

Nesse trabalho, consideramos que conceito é um tipo de signo, ou seja, é função sógnica contraída na correlação estabelecida, sob orientação de regras de significação (códigos), entre expressões e significados com elevado grau de abstração e generalidade.

Como docente, tivemos a impressão que alunos dos níveis médio e superior de ensino apresentam dificuldades em utilizar fórmulas química de uma forma em geral, o que nos despertou o interesse em investigar tal questão. Este foi o principal motivo para escolher as fórmulas dentre as muitas expressões que veiculam o conceito composição química, que implica em discriminar o(s) tipo(s) de átomo(s) que constituem uma substância, e suas proporções relativas.

O conceito composição química é um dos objetos de estudo da Ciência Química — que também se dedica a investigar as transformações, e propriedades dos materiais. Sendo assim, o conceito composição dos materiais pode ser considerado como ideia estruturadora do pensamento químico, uma vez que potencializa a nossa capacidade de relacionar, sintetizar e propor explicações (LIMA; BARBOZA, 2005).

Todavia, na linguagem química, uma mesma composição pode ser expressa tanto por um nome quanto por uma fórmula. Tal fato requer, muitas vezes, a tradução do nome em fórmula e vice-versa, no intuito de promover a comunicação entre químicos.

Os três fatores ora apresentados: 1) o fato dos licenciandos em química demonstrarem insegurança acerca dos significados das fórmulas empíricas; 2) a importância, para a ciência química do signo composição química constituído pelas expressões fórmula empírica e nome da substância; e 3) a consideração do signo como ferramenta psicológica que nos possibilita pensar e falar do mundo, na perspectiva da ciência química, nos levaram a fazer o seguinte questionamento: como licenciandos em química empregam o signo

composição química ao se relacionarem com substâncias envolvidas em problemas teóricos de química?

Sendo assim, a nossa investigação objetivou analisar como licenciandos em química empregam o signo composição química ao se relacionarem com substâncias envolvidas em problemas teóricos de química.

Desenvolvemos, então, uma pesquisa qualitativa, que envolveu estudantes do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal da Bahia. A base teórica foi engendrada pelos estudos acerca da relação entre pensamento e linguagem, desenvolvidos por Vigotski e colaboradores, e sobre a teoria semiótica do filósofo e semiótico italiano Umberto Eco.

Neste artigo, iremos nos limitar a apresentar os resultados da análise sobre como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pela semiótica de Umberto Eco. Especificamente, vamos tratar das atividades de interpretação e tradução das expressões do signo composição química, realizadas por estudantes do curso de Licenciatura em Química. Deixamos, então, a análise do uso dos signos segundo aspectos da psicologia histórico-cultural para ser apresentado em um outro artigo.

## 2.2 O EMPREGO DE SIGNOS QUÍMICOS NUMA PERSPECTIVA SEMIÓTICA

No processo de formação de um conceito, o ponto fulcral, é o emprego funcional do signo, que é o meio pelo qual os indivíduos orientam suas ações, no intuito de resolver os problemas aos quais são submetidos (VIGOTSKI, 2009).

Explicamos a seguir a origem, os fundamentos e princípios da concepção de signo que será tomado como referência.

### 2.2.1 Uma teoria semiótica

O signo é compreendido, nesse trabalho, como o encontro de “elementos mutuamente dependentes, oriundos de dois sistemas diferentes e associados por uma correlação codificante. Propriamente falando, não há signos, mas funções sígnicas” (ECO, 2000, p.40 *apud* HJELMSLEV, 1943). Com esta afirmação, Umberto Eco quer dizer que para

analisar um signo, deve-se, na verdade, estudar a função sígnica contraída entre os fúntivos expressão e conteúdo, parte externa e parte interna do signo, respectivamente. Em outras palavras, o estudo de um signo, é a reflexão sobre a dependência que se desenvolve entre expressão e conteúdo.

A proposta de função sígnica está fundamenta na função semiótica de Louis Hjelmslev, contida em sua Teoria da Linguagem (HJELMSLEV, 2013).

Para compreendermos a proposição da função semiótica, inicialmente precisamos entender seus pressupostos.

Em primeiro lugar, para afirmar que certo objeto existe, é preciso considerar as dependências que estabelece com outros, a sua totalidade corresponde à soma dessas dependências e suas partes são definidas pelas relações que existem

1) entre ela e outras partes coordenadas, 2) entre a totalidade e as partes do grau seguinte, 3) entre o conjunto dos relacionamentos e das dependências e essas partes”. (HJELSMLEV, 2013, p.28).

Daí decorre a noção de análise de um objeto, ou um evento. Se na perspectiva empírica uma análise é a decomposição de um objeto em suas partes, Hjelmslev reconhece que isto não é o mais relevante. O que importa é a adaptação da análise para que seja conforme as dependências mútuas que existem entre essas partes, só assim será possível prestar contas dessas dependências. Portanto se almejamos descrever um objeto façamos por meio das dependências deste com outros objetos, e das dependências entre estes de forma mútua (HJELMSLEV, 2013). O que se espera de uma análise, então, é que registre os relacionamentos das partes com a totalidade.

O segundo pressuposto para compreendermos o porquê da proposta da função semiótica, é a noção de signo para Hjelmslev.

Uma concepção de signo oriunda da linguística tradicional, diz que um signo é signo de alguma coisa. Para Hjelmslev (2013, p. 49), “essa concepção é, do ponto de vista linguístico, insustentável”. Enquanto para a teoria tradicional

o signo é a expressão de um conteúdo exterior ao próprio signo; pelo contrário, a teoria moderna (formulada em particular por F. de Saussure e, a seguir por Leo Weisberger) concebe o signo como um todo formado por uma expressão e um conteúdo (HJELMSLEV, 2013, p.53).

Após refletir acerca das diversas significações atribuídas à palavra signo, Hjelmslev chega à conclusão que “o signo é uma cabeça de duas faces: ‘para o exterior’, na direção da substância da expressão, ‘para o interior’ na direção da substância do conteúdo” (HJELMSLEV, 2013, p.62). O signo é, então, um termo usado para designar a relação entre expressão e conteúdo.

O último pressuposto a caminho da compreensão da proposição da função semiótica por Hjelmslev, é a concepção de função. Aqui o termo função deve ser compreendido como uma dependência (relação) entre funtivos, ou seja: entre elementos que podem estabelecer alguma relação de modo que, certos funtivos pressupõem outros, preenchendo condições de uma análise. Dizer, então que um termo, ou funtivo, tem uma relação com o outro, é dizer que um funtivo contrai uma função com o outro (HJELMSLEV, 2013).

Reunindo os pressupostos apresentados, temos que: em um processo de análise o mais relevante são as dependências de certo objeto com outros, e vice-versa; portanto, no processo de análise de um signo o que mais interessa é a descrição da dependência entre expressão e conteúdo. Considerando expressão e conteúdo como funtivos que possuem uma correlação entre si, a unidade contraída nesta correlação é denominada por Hjelmslev de função semiótica, ou signo, o verdadeiro objeto da análise.

Todo um sistema de classificação que envolve: tipos de funtivos; tipos de funções semióticas; e o tipo de reciprocidade entre os funtivos, é apresentado na Teoria da Linguagem de Hjelmslev (1943). Tal classificação o leva a considerar que,

a função semiótica é, em si mesma, uma solidariedade: expressão e conteúdo são solidários e um pressupõe necessariamente o outro. Uma expressão só é expressão porque é a expressão de um conteúdo, e um conteúdo só é conteúdo porque é conteúdo de uma expressão. Do mesmo modo, é impossível existir (a menos que sejam isolados artificialmente) um conteúdo sem expressão e uma expressão sem conteúdo. Se se pensa sem falar, o pensamento não é um conteúdo linguístico e não é o funtivo de uma função semiótica. Se se fala sem pensar, produzindo séries de sons sem que aquele que os ouve possa atribuir-lhes um conteúdo, isso será um abracadabra e não uma expressão linguística, e tampouco será o funtivo de uma função semiótica (HJELMSLEV, 2013, p. 54).

Vigotski (2009, p. 484) já havia expressado ideias semelhantes quando afirmou que “palavra desprovida de pensamento é, antes de mais nada, palavra morta” e que “o pensamento que não se materializa na palavra continua como uma sombra”.

Portanto, como os funtivos da função sígnica são sempre uma expressão e um conteúdo (ECO, 2000), pode-se concluir, que, se não compreendemos bem a expressão, e/ou o conteúdo, teremos dificuldades para empregar tal função sígnica no processo de comunicação.

Na semiótica, a expressão, também denominada de veículo expressivo do conteúdo, é o evento percebido. Contudo, uma única expressão pode veicular conteúdos diversos, já que, “uma expressão não designa um objeto, mas veicula um conteúdo cultural” (ECO, 2000, p.51).

A existência de uma expressão é solicitada pelo conteúdo, que assumimos neste trabalho como sinônimo de significado. O significado de um termo corresponde a uma unidade cultural (ou unidade semântica), algo que determinada cultura “definiu como unidade distinta, diversa de outras, podendo ser uma pessoa, uma localidade geográfica, uma coisa, um sentimento, uma presença, uma ideia, uma alucinação” (SCHNEIDER, 1968, p.2 *apud* ECO, 2000, p.56-57).

Uma unidade cultural, segundo Eco (2010, p.25),

define-se enquanto ‘posto’ num sistema de outras unidades culturais que se opõem e a circunscrevem (...). É a relação entre os vários termos de um sistema de unidades culturais que subtrai a cada um dos termos isolados tudo quanto ele aproveitou dos demais.

São as culturas que segmentam o universo perceptível e pensável, e o modo como o fazem dá origem a sistemas de unidades semânticas. Compreender a linguagem como fenômeno social perpassa pela aceitação da presença das unidades culturais que, na realidade, são os significados que o código faz corresponder ao sistema das expressões.

A dependência entre expressão e conteúdo, decorrente da interação social, só se realiza em certos contextos previstos por um sistema de significação que existe quando há

possibilidade socialmente convencionada de gerar funções sígnicas, independente do fato de serem os fúntivos de tais funções unidades discretas, chamadas ‘signos’, ou vastas porções discursivas, contanto que a correlação tenha sido estabelecida, precedente e preliminarmente, por uma convenção social (ECO, 2000, p.2).

O sistema de significação referido é denominado de código. Portanto, para que haja significação, um código deve existir, pois sob sua orientação se estabelece a correspondência entre um veículo expressivo e um conteúdo.

A exigência de um código reflete o caráter convencional da função sígnica. Todavia, a convenção, aqui, não deve ser entendida como arbitrariedade, uma vez que a associação entre expressão e conteúdo segue regras de significação previstas por motivos que constituem o código (ECO, 2000).

É com base no código, ou seja, nas regras de junção da expressão com o conteúdo, *que* o destinatário interpreta e responde. Emite-se uma “resposta significada”, pois se trata de “uma significação veiculada por uma significação anterior” (ECO, 2000, p.45). É o código que estabelece quais os significados que a convenção e a prática apontam como as possibilidades mais frequentemente. A existência do código

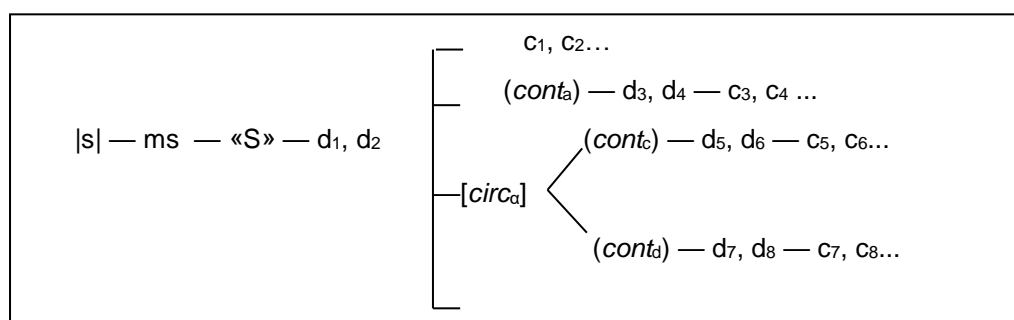
é de ordem cultural e constitui o modo pelo qual uma sociedade pensa, fala e, enquanto fala, resolve o sentido dos próprios pensamentos por meio de outros pensamentos, e estes por meio de outras palavras (ECO, 2000, p.52).

É o código, compreendido como um sistema de regras, que regula a produção e a interpretação da mensagem. Porém, não basta que o código exista, é preciso que seja aceito socialmente.

Contudo, a correlação entre uma expressão e um, ou mais significados, além de ser orientada por um código, é precedida pelo que Eco (2000) denomina de *continuum*<sup>10</sup>, também denominado de matéria, ou experiência.

O *continuum* é considerado um evento material extrassemiótico (ainda não analisado) que envolve os estados físicos do mundo e os acontecimentos psíquicos “como as ideias que se supõe ‘ocorrerem’ na mente dos usuários das funções sgnicas” (ECO, 2000, p.43). É a matéria de que os signos falam e pela qual falam (ECO, 1973). Podemos pensar que o *continuum* é a realidade estabelecida pelas diversas línguas de acordo com certos padrões culturais (LARA, 2001). Dessa realidade são extraídos, ao mesmo tempo, os veículos expressivos e os conteúdos. Por exemplo, a ciência química diante da necessidade de um tratamento semiótico dos próprios objetos, cria definições para, por exemplo, os entes químicos (átomos, as moléculas etc.), para isso fragmenta o próprio *continuum* em um determinado campo semântico, que evidenciado por elementos representativos engendram o sistema sintático da química.

Em busca de um modelo semiótico que explicasse os significados convencionalmente atribuídos a uma expressão, Eco (2000) criou um instrumento de análise, ao qual denomina de Árvore Componencial (Quadro 1).



Quadro 1: Estrutura geral da árvore componencial (ECO, 2000, p.95).

Os elementos que compõem a árvore componencial são: o veículo expressivo, |s|; as marcas sintáticas ou semânticas (que pertencem à expressão), ms; a unidade cultural/significado ou semema veiculado por |s|, «S»; as denotações e as conotações, d e c,

<sup>10</sup> O uso do termo continuum é uma tentativa de evitar as confusões geradas pelo termo “sentido” usado pelo semiótico Hjelmslev, que faz referência ao fator comum entre as línguas, ou seja, um pensamento provisoriamente apresentado como massa amorfa, ou uma grandeza não analisada (LARA, 2001, p.1).

que compõem o semema «S»; seleções de contexto e circunstâncias, respectivamente, *cont.* e *circ.*

Por denotação, entende-se o significado primeiro que um termo provoca no destinatário da mensagem. São as marcas que compõem e identificam a unidade cultural à qual um primeiro significado corresponde, podendo ser correlacionado à uma expressão (ECO, 2000).

A conotação é uma significação veiculada, instituída por um subcódigo, decorrente de uma significação anterior (denotação). Por exemplo, a expressão |ácido muriático|<sup>11</sup> pode denotar «composto químico», e conotar «corrosivo».

Um veículo expressivo, na realidade, pode denotar e conotar vários significados, a depender das seleções contextuais e circunstanciais. Circunstancias e contextos são necessários para que o significado da expressão seja atribuído.

O contexto é definido por meio das conexões de um termo com outros termos de um mesmo sistema semiótico (ECO, 1986). Por exemplo, o termo |propriedades| em conexão com |aparência|, ou |essência|, poderá significar «natureza de uma coisa», ou «natureza de uma pessoa». Porém, ao estar associada a outros termos como |temperatura de fusão| e |ligação química|, terá o significado de «comportamento de material».

As circunstanciais (*circ*) registram outros significados que pertencem a muitos sistemas semióticos comumente ocorrentes com o veículo expressivo correspondente ao semema apresentado. Podem ser compreendidas como o conjunto da realidade que condiciona as escolhas de códigos e subcódigos. Neste conjunto encontram-se os condicionamentos mentais, econômicos, biológicos, físicos, presentes na comunicação. Cabe à cultura classificar as circunstâncias recorrentes em que um termo ou uma frase adquirem um significado possível (ECO, 1986, 2000).

Por exemplo, na circunstância de se tratar de materiais de construção — *circ* [materiais de construção] — «comportamento de material» pode conotar «frágil» ou «brilhante» ou «flexível» etc. A denotação «natureza de uma pessoa», em circunstâncias de relações pessoais, pode conotar «gentil», «agradável», «enfestado» etc.

A tarefa das seleções é de auxiliar na diferenciação dos diversos percursos de leitura de uma árvore componencial. A depender da seleção contextual ou circunstancial, as

---

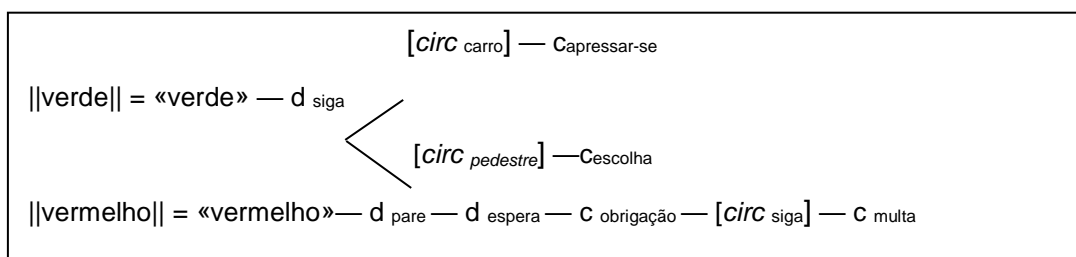
<sup>11</sup> Utilizaremos esta notação para explicitar as partes que constituem o signo: a |expressão| e o «conteúdo» (conceito, significado).



denotações de uma árvore componencial podem ser as mesmas com suas conotações dependentes, ou podem ser diversas, o que implica em distintas conotações.

A árvore componencial evidencia como séries de conotações fixadas por subcódigos se apoiam em uma denotação primeira. Portanto, para especificar um significado deve-se atentar para o contexto e recorrer ao auxílio da circunstância de comunicação.

Contudo, é o código que prevê uma série de seleções contextuais e circunstanciais, que junto com subcódigos, são correlacionadas à expressão, constituinte extrínseco das funções sígnicas. O exemplo do semáforo (Quadro 2), a seguir, evidencia essa função do código.



Quadro 2: Árvore componencial do semáforo (ECO, 2000, p.115).

As árvores usadas como exemplo, explicam o modo como o sinal semáforo significa. A mensagem emitida pelo semáforo segue um código internacional aceito, no qual a expressão ||vermelho|| denota «pare» e ||verde|| denota «siga». Contudo, «pare» pode conotar, também, «obrigação», e em um nível subsequente, conotar «multa». O ||verde|| conota, também, «escolha» para o pedestre que pode decidir não passar e, para o motorista pode conotar «apressar-se».

Todavia, existe a possibilidade de que um mesmo código denotativo de base seja diferente para remetente e destinatário, embora, em ambos os casos, a mensagem sirva para transmitir um sentido completo. Por exemplo, diante da mensagem [He follows Marx], pode-se ler “ele segue as pegadas de Groucho”, ou “ele é um discípulo de Karl” (ECO, 2010, p.67). Isto ocorre porque vários fatores orientam a leitura de uma mensagem:

- 1) a referência ao universo de discurso. Uma série de mensagens precedentes ou pressupostas, que indique do que se está falando, para que se possa atribuir uma denotação. [Faz parte do contexto]; 2) a referência a uma ideologia, uma dada forma assumida pelos conhecimentos precedentes do destinatário, um sistema de opiniões e prevenções, uma perspectiva sobre o universo; 3) A circunstância de comunicação. Uma série de circunstâncias orienta os destinatários para inferirem a ideologia do remetente e, por conseguinte, os subcódigos a que pode ter feito referência. (ECO, 2010, p.68).

Porém, é preciso ter em vista que

a constituição de um código completo deve pois permanecer apenas como uma HIPÓTESE REGULATIVA: no momento em que um código do gênero

fosse inteiramente descrito, ele já teria mudado, e não só por influência de vários fatores históricos, mas pela própria erosão crítica que sua análise teria realizado nos seus confrontos (ECO, 2000, p.117).

A ausência de um código, ou a posse de um código que não prevê casos formados por contextos imprevisíveis e por circunstâncias inéditas e complexas, fará com que um sujeito, ao tentar interpretar um signo, faça uma inferência sintética, ou seja, um novo sentido é atribuído aos componentes do significado, e como consequência enriquece o código. Isto significa que um contexto ambíguo e não codificado pode gerar uma convenção e uma correlação codificante; contudo, é preciso que sejam aceitas pela sociedade. Torna-se possível, então, a multiplicidade de códigos.

A existência de muitos códigos, e a indefinida variedade dos contextos e das circunstâncias,

faz com que a mesma mensagem possa ser decodificada de diversos pontos de vista e com referência a diversos sistemas de convenções. A denotação de base pode ser entendida como o emitente queria que fosse entendida, mas as conotações mudam simplesmente porque o destinatário segue percursos de leitura diversos dos previstos pelo emitente (ambos os percursos sendo autorizados pela árvore componencial a que ambos se referem) (ECO, 2000, p.127).

A mensagem, portanto, quando chega ao destinatário torna-se fonte de diversos conteúdos possíveis. Geralmente, a mensagem é um ‘texto’, uma rede de muitas mensagens menores que dependem de códigos e subcódigos. Esse texto em algumas oportunidades associa unidades expressivas com um mesmo conteúdo, em outras correlaciona conteúdos diversos para um mesmo veículo expressivo.

A informação da mensagem fica, então, dependente da escolha entre os possíveis percursos de leitura postos numa árvore componencial. Mas é, também, influenciada pelas opções de seleção contextual e circunstancial. Porém, é o destinatário que irá reduzir a informação da mensagem, uma vez que é ele quem escolhe a interpretação final.

Sobre a atividade de interpretar um texto, ou de forma mais generalizada, um signo, existem algumas concepções, por exemplo: 1) seria a ação de evidenciar o significado intencionado pelo proponente do signo (autor de um texto), ou a natureza objetiva do signo que não depende da interpretação de outro; 2) seria uma ação infinita a depender do interpretante (ECO, 2015).

Neste trabalho, é coerente seguirmos a primeira concepção, uma vez que o signo químico estudado e seus elementos constituintes (expressão, conteúdo/significados, código) foram convencionalmente propostos e socialmente aceitos, com o objetivo de tornar universal

os significados veiculados por suas expressões, de forma que toda a comunidade química fizesse uso de uma mesma linguagem (CONNELLY et al., 2005).

Considera-se que a capacidade de interpretar está relacionada à tradução, de maneira que todo processo interpretação antecede o processo de tradução (ECO, 2011). Porém, para traduzir um signo é preciso, em primeiro lugar, tomar a decisão sobre a que se fará referência, e para isso é fundamental levar em conta o contexto. É justamente o contexto que servirá de limites da interpretação; é quem reduz ou amplia os significados de um signo, além de servir como elemento que válida ou invalida uma interpretação (GONÇALVES, 2004).

Contudo, é preciso salientar que a atividade de tradução não se reduz à mudança de uma língua a uma outra língua, pois, entende-se que uma tradução pode ocorrer toda vez que se tenta esclarecer o significado de uma expressão— parte perceptível do signo (ECO, 2011).

Diante da participação de códigos, subcódigos, contextos, e circunstâncias no processo de produção ou interpretação de signos, o processo de comunicação, segundo Eco (2000, p.129), poderia ser representado como na Figura 01.

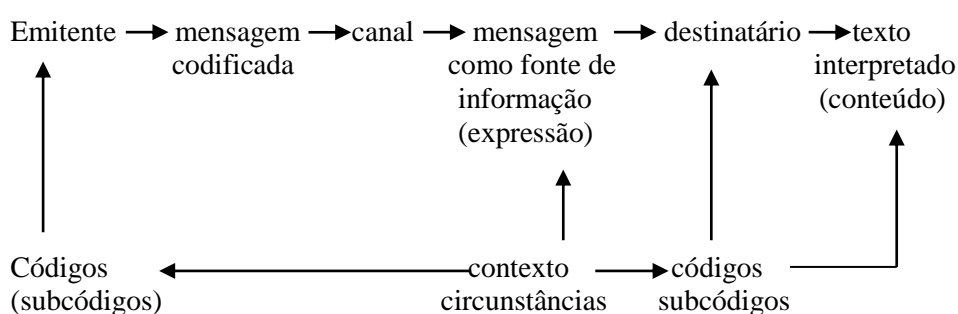


Figura 01: Processo de comunicação.

À vista do exposto, para analisarmos como os licenciandos empregam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pela semiótica de Umberto Eco, nos baseamos na concepção da origem social dos signos, compreendidos como resultado da relação de dependência entre expressão e conteúdo(s), parte externa e parte interna do signo, respectivamente. Consideramos, também, a relevância do papel do código de correlacionar expressão e conteúdo(s)<sup>12</sup>, as atividades de interpretação e tradução e o fato dos significados (conotações) serem formados a partir de outros significados (denotações), e de pertencerem a um sistema.

<sup>12</sup> Neste trabalho, usamos conteúdo e significado como sinônimos.

## 2.2.2 Nomes de substâncias e fórmulas empíricas: expressões constituintes de signos químicos

Vimos que toda expressão, como parte externa de um signo, tem a função de veicular conteúdo cultural (significados). É por meio das expressões que o conteúdo passa a ser percebido.

Sabemos que o conhecimento acerca da história da linguagem química é essencial para compreendermos a natureza da terminologia atual da linguagem química, as razões que levaram à sua criação e as causas da sua constante transformação (BELMAR; SÁNCHEZ, 1998). Especificamente, consideramos que por meio da história da linguagem química passamos a entender a origem das expressões fórmulas empíricas e nomes das substâncias, e dos códigos utilizados para correlacionar essas expressões com os significados do conceito composição química.

Realizamos, então, um estudo acerca da linguagem química a partir do século XVII, período no qual os químicos passaram a utilizar de uma linguagem própria e sistematizada, pois, estavam determinados a promover uma reforma na ciência Química, visando pensar o mundo por meio do conhecimento químico, isto é, “a partir do código incessante do visível para o invisível” (LASZLO, 1995, p. 30).

### 2.2.2.1 A nomenclatura química

A reforma da nomenclatura botânica realizada por Lineu influenciou seu aluno, o químico Torbern Bergman a se dedicar ao desenvolvimento de uma nomenclatura química. O objetivo de Bergman era nomear os materiais para se aproximar ao máximo da verdade. Então argumentava:

não ignoro que as palavras, como o dinheiro, possuem um conceito de valor, e que existe um grande perigo de confusão quando se leva a cabo uma troca de nomes; mas não se pode negar que a química, como as demais ciências, tenha estado atormentada por nomes impróprios. Temos visto que estas questões são formadas há tempos em outros ramos do conhecimento; por que, então, a química, que estuda a natureza real das coisas, deve seguir adotando nomes vagos que sugerem ideias falsas, e ter um forte ar de ignorância e imposição? Ademais, não há dúvida de que se pode levar a cabo numerosas correções sem conveniências; se em lugar de aceite de vitriolo e espírito de vitriolo usamos os termos ácido vitriólico concentrado e ácido

vitriólico diluído, creio que ninguém se confundiria daí em diante” (CROSLAND, 1988, p.173-74).

O químico francês Louis Bernard Guyton de Morveau, também, se dedicou a pensar em uma nomenclatura química sistemática (LASZLO, 1995). Seguindo como princípios, a indicação da composição de uma substância através do seu nome, e que a linguagem é uma questão de convenção (BENSAUDE-VINCENT, 1996), propôs que os termos químicos não deveriam ser expressos com palavras da linguagem corriqueira, para evitar confusões de significados, e que as linguagens clássicas eram uma fonte conveniente para os termos serem inequívocos. Defendia que a mudança dos termos químicos carecia de autoridade e, portanto, propunha que:

ao menos devemos preferir um termo que esteja mais distante possível do uso comum, porque é muito melhor que os termos técnicos de uma ciência não expressem nada conhecido nem recordem ideia alguma que possa indicar falsas semelhanças que confundam aos principiantes e que sempre surpreendem as pessoas mais educadas (CROSLAND, 1998, p.182).

Tempos depois, Guyton de Morveau foi convidado para, juntamente com Antoine Laurent de Lavoisier, Antoine-François de Fourcroy e Claude-Louis Berthollet, estudar os experimentos de Lavoisier que deram lugar à nova teoria do oxigênio. Contudo, o grupo terminou por promover uma reforma na nomenclatura química (CROSLAND, 1988).

Publicaram, em 1787, o *Méthode de nomenclature chimique*, no qual divulgavam a proposta de uma nova nomenclatura para a química. Lavoisier, entretanto, reconhecia algumas limitações na linguagem química proposta e publicada nessa obra. Uma delas era o fato de terem estabelecido uma nomenclatura qualitativa, ignorando o aspecto quantitativo. Tal limitação, posteriormente, foi superada com a nomenclatura proposta por Berzelius, que se baseava em termos latinos que expressavam a constituição dos compostos quantitativamente (CROSLAND, 1988). Para nomear os ácidos, por exemplo, Berzelius usou sufixos adequados: *acidum sulfurosum*, *acidum sulfuricum*. Seguindo princípios semelhantes, propôs os nomes *oxidum ferrosus* e *oxidum ferricum*, assim como *sulfas ferrosus* e *sulfas ferricus*. Para indicar no nome de um sal, a proporção numérica de seus constituintes, Berzelius usou prefixos, por exemplo: *oxalato de potássio*, *binoxalato de potássio*, *quadroxalato de potássio*, nomes até hoje utilizados. Seus resultados analíticos, assim como, sua insistência em uma terminologia objetiva, foram demonstrados pelo uso de outros prefixos, como nos nomes: *nitras biplumbicus*, *triplumbicus*, *sesquiplumbicus* (CROSLAND, 1988).

Todo o progresso da teoria química e das tecnologias contribuiu para promover mudanças na linguagem química. Atualmente, a nomenclatura química tem a função de

fornecer alguma informação sistemática sobre uma substância, como a sua composição, e, também, de permitir a inferência da fórmula estequiométrica de um composto de acordo com algumas regras gerais organizadas pela IUPAC (CONNELLY et al., 2005).

Sobre a expressão |nomes das substâncias|, a IUPAC (CONNELLY et al., 2005) estabelece a seguinte classificação: a) nomes sistemáticos: informam a composição elementar das substâncias (o nome da substância deriva inteiramente dos nomes dos elementos) e sua proporção, por exemplo, seleneto de zinco, hexafluoreto de xenônio e trióxido de xenônio; (b) nomes semissistemáticos informam a composição elementar das substâncias (o nome da substância deriva inteiramente dos nomes dos elementos), mas não, sua proporção: fluoreto argêntico; ou informam apenas parcialmente a composição elementar das substâncias (os nomes derivam apenas parcialmente dos nomes dos elementos): ácido fluorídrico, barita cáustica; (c) nomes triviais não indicam qualquer aspecto da composição das substâncias: cal, ferrugem, quartzo, sílica, ácido muriático, umidade do ar, sendo arbitrária a relação entre nome trivial e fórmula.

Vários são os sistemas aceitos para a construção de nomes das substâncias. (CONNELLY et al., 2005).

Os sistemas de nomenclatura, com frequência usam uma raiz sobre a qual constroem um nome. A raiz pode ser o nome de um elemento, por exemplo, selênio ou flúor, ao qual pode ser adicionados sufixos, prefixos ou infixos, os quais transportam informações específicas. Os sufixos podem: a) especificar o grau de insaturação; b) indicar a natureza da carga transportada por todo o composto; e c) indicar que um nome refere-se a um grupo específico de substâncias. Já os prefixos indicam, por exemplo: os substituintes em um composto; ou a quantidade de componentes ou ligantes; e pode ser usados para descrever os tipos estruturais ou outras características estruturais das espécies (CONNELLY et al., 2005).

Nos casos dos compostos moleculares e iônicos binários (empregados neste trabalho) há regras semelhantes para a escrita dos nomes das substâncias. O modo usual consiste em justapor os nomes de elementos numa ordem específica: o nome do elemento mais eletronegativo enunciado em primeiro lugar, porém, modificado com a terminação |eto|, seguido pela preposição |de| e pelo nome do outro elemento. O sufixo |eto| designa um ânion fundamental e, mais genericamente, um elemento a ser tratado formalmente como um ânion. Costuma-se usar prefixos como |mono|, |di|, |tri|, para indicar a quantidade de átomos de cada elemento (BROWN; LeMAY; BURSTEN, 1999; CONNELLY et al., 2005). Por exemplo: tricloreto de fósforo.

Em língua inglesa, o sufixo correspondente a |eto| é |ide|. Assim, flúor transforma-se em *fluoride*, *oxigen* [oxigênio] é modificado para *oxide*. Em língua portuguesa, o sufixo adotado para o oxigênio é |ido|, uma exceção à regra, de modo que, a forma modificada é |óxido|. Por exemplo: tetróxido de dinitrogênio é traduzido como *dinitrogen tetraoxide*, pois a ordem de escrita dos elementos é inversa. A regra também se aplica para os ânions derivados do oxigênio: como: o íon hidróxido ( $\text{OH}^-$ ) e o íon peróxido ( $\text{O}_2^{2-}$ ). Especificamente, para os compostos moleculares, é comum o uso de nomes com prefixos que mostram, de forma explícita, a composição de tais substâncias, isto porque não é tão simples prever as fórmulas dos compostos moleculares, como ocorre com os compostos iônicos (BROWN; LeMAY; BURSTEN, 1999).

Todavia, existem algumas exceções, como é o caso dos ácidos cujas moléculas liberam íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) ao se dissolverem em água. Como é preciso equilibrar a carga do composto, admite-se que, ligado aos íons  $\text{H}^+$ , existem ânions. É o que ocorre com HCl e  $\text{H}_2\text{S}$ , cloreto de hidrogênio e sulfeto de dihidrogênio, respectivamente.

A designação cloreto de hidrogênio para a fórmula HCl é usada quando o composto é considerado puro. Para a solução em água, o nome empregado é ácido clorídrico (BROWN; LeMAY; BURSTEN, 1999). Esta última designação é considerada um nome semissistemático que descreve uma propriedade química particular dos compostos em questão (CONNELLY et al., 2005).

Para fornecer informações sobre as proporções dos constituintes, deve-se partir do número de carga, que designa carga iônica; e do número de oxidação, que designa estado de oxidação.

O número de carga é um número cuja magnitude é a carga iônica. Ele é escrito entre parênteses imediatamente após o nome de um íon, sem espaço, deve ser escrito em algarismos arábicos, seguido pelo sinal da carga. Por exemplo: sulfato de ferro(2+), para  $\text{FeSO}_4$ ; e sulfato de ferro (3+), para  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . No caso de espécies neutras, após o nome não se escreve o número de carga.

O uso de números de oxidação só é aconselhado quando não houver dúvidas sobre a sua atribuição. O número de oxidação de um elemento é indicado por um algarismo romano colocado entre parênteses, sem espaço, após o nome do elemento (modificado pela terminação “-oso” ou “-ato” se necessário) a que se refere. O número de oxidação pode ser positivo, negativo ou zero (representado pelo número 0). No caso do número de oxidação ser negativo, deve-se usar o sinal negativo de forma explícita, mas se for positivo não precisa escrever o sinal positivo.

O uso da regra para o uso de números de oxidação é comum nos nomes de substâncias que envolvem elementos de transição. Por exemplo: óxido de ferro(II), para FeO; fluoreto de prata(I), para AgF. No caso do hidrogênio, se este estiver combinado com elementos não-metálicos, considera-se que seu número de oxidação é positivo (I) ; e será negativo (-I), quando combinado com elementos metálicos.

A capacidade de inferir sobre a proporção dos elementos constituintes numa substância, confere aos nomes das substâncias um caráter estequiométrico, também representado nas fórmulas empíricas.

#### 2.2.2.2. As fórmulas empíricas para a química

As fórmulas empíricas que podem ser inferidas a partir dos nomes das substâncias, também, tiveram um desenvolvimento histórico.

Na segunda metade do século XVIII houve uma reação em certos setores contra o uso de símbolos alquímicos, diante da concepção que o objetivo era ocultar os mistérios da alquimia. Advogava-se que sua abolição era necessária, uma vez que induziam a interpretações errôneas, o que descartaria qualquer possível vantagem no uso de abreviações.

William Nicholson, químico inglês, fazia parte de um grupo de químicos que apoiavam o uso de outros símbolos e abreviações, e argumentava que:

as tabelas ao final do Ensaio sobre as Afinidades de Bergman mostram de maneira mais rápida e inteligível a maior parte de muitos volumes de resultados químicos; e sei, de minha própria experiência, que é simples, mediante uma simples combinação de caracteres químicos e algébricos, escrever todo o conteúdo de qualquer obra química em letras pequenas que deixam margem; e dessa maneira tão completa, clara e perspicaz, todas as páginas podem ser lidas e entender em poucos segundos (CROSLAND, 1988, p.275).

Bergman introduziu diversos símbolos novos e suas ideias tiveram uma influência considerável. Contudo, foi a tabela publicada por Étienne-Francois Geoffroy, em 1718, intitulada *Table des différents rapports observes entre diferentes substances* que apresentou à comunidade química o uso de símbolos para indicar as substâncias. Geoffroy afirmava que a vantagem de usar símbolos consistia em que, uma vez que se havia compreendido seu significado, a relação entre diversas substâncias poderia ser visualizada muito rapidamente (CROSLAND, 1988).

John Dalton, químico que defendia uma teoria atômica da química, relacionará um sistema de símbolos à esta teoria. Os símbolos de Dalton representavam os átomos de



distintos elementos e suas combinações mediante traços e pontos, e círculos que continham um desenho ou letras (CROSLAND, 1988; OKI, 2009).

A razão de Dalton representar os átomos mediante círculos não era arbitrária. Tratava-se de uma tentativa deliberada por desenhar os átomos como ele imaginava que os átomos eram. Isto é percebido nos átomos compostos que usualmente desenhava simetricamente de acordo com suas ideias sobre a influência repulsiva da atmosfera no calórico que rodeava a cada átomo. “Tais representações eram baseadas pelo senso comum e apresentavam componentes de um realismo ingênuo” (OKI, 2009, p.1073).

Fundamentado na teoria atômica de Dalton, Berzelius propôs novos símbolos para representar os elementos químicos e seus compostos, vinculando os nomes dos elementos e seus símbolos, bem como medidas quantitativas definidas que permitissem indicar o número relativo de átomos de diferentes constituintes presentes em cada corpo composto.

Expressemos mediante as letras iniciais do nome de cada substância uma quantidade determinada de cada substância; e determinemos cada quantidade a partir de sua relação em peso com o oxigênio, ambas substâncias em estado gasoso, e em volumes iguais. [...] Quando dois corpos tem a mesma letra inicial, adicionar uma segunda letra, e no caso de que esta seja também a mesma, adicionar à inicial a primeira consoante da palavra, que seja diferente. Na classe dos combustíveis que chamo metaloides, uso só as letras iniciais. Por exemplo, S = enxofre, Sn = estanho (*stannum*), St = antimônio (*stibium*), C = carbono, Cu = cobre (*cuprum*), M = muriático, Ms = magnésio, Mn = manganês, etc. Só isto é necessário para entender as fórmulas. O que falta fazer para que seu uso seja mais geral é determinar corretamente a gravidade específica dos gases (CROSLAND, p.312).

Foi através dos símbolos que os químicos conseguiram explicitar as suas inferências sobre a composição química das substâncias, “um grande passo para tornar a química uma ciência matemática” (JAFFE, 1976, p.108).

Berzelius, com o objetivo de simplificar a ciência, foi mais longe, e juntou os símbolos dos elementos para representar as partes mais simples dos compostos. Berzelius encontrou, nos trabalhos acerca da lei volumétrica de Gay-Lussac, uma das provas mais imediatas em favor da hipótese de Dalton. E foi a partir dos volumes dos gases que se combinam na formação das substâncias, que Berzelius, em 1813, escreveu a fórmula  $H^2O$  para a água, e  $H^3\overset{\cdot\cdot}{N}$ , para o amoníaco etc. (RHEINBOLDT, 1988).

As fórmulas de Berzelius estavam destinadas

a facilitar a expressão das proporções químicas e a permitirmos indicar, sem longas perífrases, o número relativo de volumes dos distintos constituintes contidos em cada corpo composto. Ao determinar o peso dos volumes elementares, estas figuras nos permitirão expressar o resultado numérico de uma análise tão simples, e de uma maneira que se recordará facilmente,

como as fórmulas algébricas na filosofia mecânica (CROSLAND, 1988, p.313; tradução nossa).

A partir do século XIX, as fórmulas químicas passaram a orientar atividades experimentais e teóricas na ciência química.

Em 1833, Berzelius introduziu os termos “fórmula empírica”, para distingui-los da “fórmula racional”. As fórmulas empíricas designavam as fórmulas desenvolvidas diretamente a partir dos dados analíticos, isto é, de dados empíricos. As denominadas fórmulas racionais representavam a constituição das substâncias por uma ordem particular dos símbolos, gerando fórmulas parciais, completadas por parênteses e sinais de adição, e variavam de acordo com a perspectiva do químico. Contudo, era possível construir fórmulas racionais ao manipular as fórmulas empíricas sobre o papel (KLEIN, 2001).

A fórmula empírica, para Russel (1981, p.59), é aquela que “descreve a composição de uma fórmula unitária”. Segundo o autor, a palavra empírica significa “baseada somente na observação e na medida”. Logo, uma fórmula empírica pode ser determinada pela composição percentual, isto é, pela análise da substância em termos dos seus elementos constituintes.

Segundo Connelly et al. (2005), a fórmula empírica é formada por justaposição dos símbolos atômicos (letras maiúsculas e minúsculas) com números subscritos adequados, possibilitando a escrita da fórmula mais simples possível que expresse a composição de um composto. Letras e números tornam-se, então as marcas semânticas das fórmulas empíricas.

Para os compostos constituídos por moléculas, pode-se usar a fórmula molecular, em vez da fórmula empírica, para indicar a composição das moléculas (CONNELLY et al., 2005). Mas, em alguns casos, a fórmula empírica pode também corresponder a uma composição molecular, como por exemplo, podemos citar a fórmula da água:  $H_2O$ .

A sequência dos símbolos na fórmula empírica segue dois princípios ordenadores: a eletronegatividade e a ordem alfabética (CONNELLY et al., 2005).

Tomando a eletronegatividade como critério de ordenação, em primeiro lugar se escreve o símbolo do elemento menos eletronegativo, depois o do mais eletronegativo. Inverte-se, portanto a sequência estabelecida no nome da substância, no qual primeiro se escreve o nome do elemento mais eletronegativo e depois o nome do elemento menos eletronegativo.

Seguindo a ordem alfabética, convencionou-se que quando os símbolos apresentarem a mesma letra inicial o símbolo de uma única letra precede o de duas letras, por exemplo B (boro) antes de Be (berílio); e se ambos os símbolos tiverem duas letras, segue-se a ordem alfabética, exemplo: Ba (bário) antes de Be.

Para indicar a proporção dos elementos constituintes (átomos ou grupos individuais de átomos) na fórmula empírica, usa-se algarismos arábicos subscritos à direita dos símbolos dos elementos. O número um (1), por sua vez, não precisa ser indicado.

Existem casos em que é preciso recorrer ao uso de parênteses nas fórmulas. Os parênteses, além de evitar ambiguidades, indicam: a presença de grupos de átomos ou íons; e quando o grupo está sendo multiplicado, neste caso um número subscrito segue o parêntese de fechamento.

Saber as regras convencionadas que correlacionam nome da substância e fórmulas empíricas com os significados químicos, além de conhecer a história acerca da sistematização da nomenclatura química, e da proposição do uso de fórmulas empíricas, foram etapas importantes para compreendermos como os signos escolhidos como objeto de estudo dessa investigação foram constituídos. Contudo, tal compreensão não seria completa se não fosse a orientação teórica da semiótica de Umberto Eco, que direcionou nossa atenção para a relevância da dependência mútua entre as expressões químicas e os conteúdos químicos estudados, a medida em que os signos químicos são empregados na resolução de situações problemas.

## 2.3 METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado para analisar como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pela semiótica de Umberto Eco, foi o qualitativo, cujos dados fazem referência ao contexto, além de fornecerem uma visão rica do comportamento humano (GUBA; LINCOLN, 1994). O método qualitativo nos permite compreender os sujeitos participantes como seres históricos, além de analisar e caracterizar as condições nas quais ocorre todo o processo investigativo e, não somente, seus resultados e possíveis produtos (TRIVIÑOS, 2007).

### 2.3.1 Sujeitos da pesquisa

Participaram da pesquisa oito estudantes<sup>13</sup> do curso de Licenciatura de Química da Universidade Federal da Bahia.

---

<sup>13</sup> Os nomes dos estudantes foram substituídos por códigos para preservar a identidade dos pesquisados.

Dentre os critérios que usamos para selecionar os participantes da pesquisa, estava a necessidade dos licenciandos estarem em momentos distintos do curso. Optamos por esse critério, por entendermos que a vivência das disciplinas poderia gerar sistemas conceituais de amplitudes distintas que poderiam ser correlacionados aos nomes das substâncias e às fórmulas químicas, e assim serem utilizados para resolver os problemas aos quais os licenciandos seriam submetidos. O grupo selecionado era formado por dois alunos que estavam em um estágio do curso que equivaleria ao quarto semestre; outros dois do quinto semestre; um estudante do sexto semestre; um do sétimo semestre; um do oitavo semestre; e um do nono semestre.

Dentre os oito participantes, apenas um declarou não trabalhar. Entre os outros sete, um trabalhava no comércio, dois atuavam como monitores de química em cursos pré-vestibulares e três estavam empregados na indústria química.

Quanto à educação formal, três dos pesquisados fizeram o ensino médio em escolas públicas da rede estadual de educação da Bahia, dois cursaram o ensino médio na rede estadual, mas também, fizeram curso técnico; outros dois vivenciaram o ensino médio em colégios da rede privada, e um não cursou o ensino médio, pois preferiu cursar a escola técnica.

Em relação ao conhecimento acerca das fórmulas empíricas, quatro participantes da pesquisa declararam terem usado pela primeira vez as fórmulas químicas no ensino médio; dois no ensino técnico; e dois no ensino fundamental (nas antigas 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> séries).

Sobre a forma como as fórmulas químicas lhes foram ensinadas, dois dos participantes da pesquisa recordaram da regra prática<sup>14</sup>, segundo a qual a carga do cátion passa a ser o índice numérico subscrito do ânion e a carga do ânion passa a ser o índice numérico subscrito do cátion; outros dois disseram que foi durante o estudo de conteúdos químicos, como por exemplo, ligações químicas; um licenciando declarou que foi estudando no livro didático por conta própria; um outro afirmou que foi por meio de aulas sistematizadas nos ensinos médio e superior; um dos licenciandos relatou ter aprendido simplesmente usando nos ensinos médio e superior; e por fim, um licenciando mencionou a relação entre nomenclatura e quantidade de espécies.

As regras para a escrita das fórmulas químicas mais lembradas pelos participantes foram: a) o macete, ou regra do abraço (CHANG, 1994), lembrado por três licenciandos; b) primeiro escreve-se o cátion e depois o ânion, por um licenciando; c) a regra do octeto por

---

<sup>14</sup> Regra do abraço, segundo Chang (1994, p.69): “o índice do catião é numericamente igual à carga do anião e o índice do anião é numericamente igual à carga do catião”.

outro participante; d) escrever primeiro o menos eletronegativo e depois o mais eletronegativo, por dois dos participantes; e) que podem ser escritas a partir dos nomes das substâncias, por um dos licenciandos.

Ao serem convidados a participar da pesquisa, explicamos que se tratava de uma investigação na área de ensino de química e que envolvia o tema linguagem química. Foram informados que seriam solicitados a resolverem questões apresentadas em forma escrita sobre conteúdos químicos e que, concomitantemente, seriam observados e entrevistados. Os participantes, sem hesitação, autorizaram a gravação de áudio e vídeo de todo procedimento de coleta de dados. Todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

### 2.3.2 Coleta de dados

É diante da tarefa de resolver os problemas que o indivíduo emprega o signo, propiciando o meio para a formação de conceitos (VIGOTSKI, 2009). Propusemos, então, que os licenciandos em química, participantes da pesquisa, buscassem soluções para problemas químicos.

As resoluções dos problemas propostos requeriam o conhecimento da composição das substâncias citadas nos enunciados. O significado «composição» deveria ser expresso como fórmulas químicas durante o processo e, tais fórmulas deveriam ser deduzidas a partir dos nomes das substâncias. Portanto, a realização dessas tarefas pelos estudantes poderia explicitar as relações entre as expressões |fórmula empírica| e |nome da substância| com o conteúdo «composição».

Uma vez que, o nosso acesso à interpretação e tradução das expressões químicas pelos licenciandos de química dependeria da linguagem externa (falada e/ou escrita) dos mesmos, à medida que resolviam os problemas, realizamos entrevistas abertas. Por meio da entrevista esperávamos obter informações a partir do ponto de vista dos mesmos (LICHTMAN, 2010), sobre a forma como usariam os signos químicos na resolução dos problemas teóricos químicos.

### 2.3.3 Análise dos dados coletados

A análise dos dados se baseou nas respostas dos estudantes aos problemas propostos. Porém, com o intuito de estabelecer os procedimentos mínimos necessários para a resolução de cada problema, bem como os momentos em que se tornaria necessário a interpretação da expressão [nome de substância] como «composição» e sua tradução em [fórmula química], elaboramos possíveis raciocínios que levassem à solução de cada um dos três problemas.

Além das resoluções prévias, elaboramos árvores componenciais para cada um dos nomes de substância e, para cada uma das fórmulas empíricas envolvidas nas questões, a fim de evidenciar os significados que poderiam ser atribuídos a cada expressão.

Para a elaboração das árvores componenciais referenciais, consideramos que, uma vez que os participantes haviam sido esclarecidos de que estavam envolvidos em uma pesquisa da área de ensino de química, a tarefa (resolução de problemas) solicitada, seria executada nessas circunstâncias, dadas de início.

Os contextos são os enunciados das questões, constituídos por vários termos do sistema semiótico químico, que estabeleciam conexão entre si, denotando e conotando os significados das expressões apresentadas. A química, então, seria o conjunto da realidade escolhido para orientar as escolhas de códigos e subcódigos, das denotações e conotações.

Optamos, por uma questão de organização própria, por empregar a notação *cont.*[EnunciadoQ1]; *cont.*[EnunciadoQ2]; e *cont.*[EnunciadoQ3] para representar os contextos, nas árvores componenciais.

A seguir apresentamos os enunciados das questões acompanhados das suas possíveis soluções.

A primeira questão<sup>15</sup> previa o uso de fórmulas para a determinação de propriedades como a temperatura de fusão. Estava assim enunciada: Dentre os pares de substâncias: a) cal e ferrugem; b) quartzo e seleneto de zinco; c) sílica e fluoreto argentoso, indique, em cada par, a substância que tem a temperatura de fusão mais baixa. Considere os modelos de ligações químicas e de interações intermoleculares apropriados em cada caso. Informações extras: 1. A força de uma ligação iônica depende da carga dos íons, ou seja, quanto maior a carga, maior será a atração eletrostática entre os íons; 2 Ao comparar substâncias que apresentam mesma

---

<sup>12</sup> Problema adaptado da questão de número 38 (Q38) do livro didático: MACHADO, Andréa; MORTIMER, Eduardo. *Química: ensino médio*. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2011, v.1, p.275.

força de interação entre seus constituintes, a substância com maior temperatura de ebulição e de fusão será aquela apresentar maior massa molar (MACHADO; MORTIMER, 2011).

O uso dos nomes triviais, semissistemáticos, ou sistemáticos das substâncias, no problema 1, teve como objetivo tornar explícito se os licenciandos os usariam diretamente, obtendo as informações sobre a composição das substâncias a partir da interpretação desses nomes, ou se iriam recorrer à interpretação das respectivas fórmulas empíricas para obter tais informações, que iriam lhes auxiliar a decidir dentre as substâncias apresentadas em pares, aquela com menor ponto de fusão.

A resolução dos diversos itens deste problema exige a identificação dos elementos constituintes dos compostos, como ponto de partida para avaliação dos modelos de ligações químicas e de interações intermoleculares apropriados em cada caso, bem como, da massa molar de cada substância.

Uma vez que nesta questão, alguns nomes das substâncias são triviais — cal, ferrugem, quartzo, sílica, ácido muriático — e, portanto, não indicam qualquer aspecto da composição das substâncias, seria preciso no mínimo a escrita dos nomes sistemáticos, para saber a composição elementar. E embora, também, seja possível conhecer a proporção entre os elementos constituintes de cada uma das substâncias, por meio do nome sistemático, essa informação não é necessária para a resolução desse problema, especificamente. Para propor solução para o problema 1, não é necessário, também, escrever as fórmulas empíricas, mesmo que este seja um procedimento usual entre os químicos.

Como a relação entre o nome trivial e a fórmula é arbitrária, uma possibilidade seria realizar a tarefa em duas etapas: (1) lembrar a relação entre nome trivial e nome sistemático; e (2) lembrar a relação entre nome sistemático e fórmula, sendo que a segunda etapa não seria arbitrária, pois seguiria as regras que orientam a passagem do nome para à fórmula.

No caso da substância cal, lembraríamos que o nome sistemático é dihidróxido de cálcio. Hidróxido ( $|hidro| + |oxigênio| + |ido|$ ) remete a hidrogênio e oxigênio combinados em um ânion (hidroxila, fórmula OH) que, para efeito de nomenclatura, funciona com um elemento<sup>16</sup>, no caso, o mais eletronegativo. O prefixo  $|di|$  informa que são dois grupos hidroxila. Desse modo, seguindo as regras da escrita das fórmulas empíricas, primeiro escreveríamos o elemento menos eletronegativo e depois o mais eletronegativo, ou seja, primeiro o Ca, e depois o OH e chegaríamos à fórmula  $Ca(OH)_2$ .

---

<sup>16</sup> O dihidróxido de cálcio é um composto ternário, mas, tomando o ânion hidroxila como uma unidade, segue a regra de escrita das fórmulas dos compostos binários.

Em resumo: de posse do nome sistemático de cada substância, repete-se o processo de construção da fórmula, segundo as regras de nomenclatura para ambos os tipos de expressão da composição.

Os nomes sistemáticos das demais substâncias do problema 1, eram: ferrugem: óxido de ferro(III); quartzo e sílica: dióxido de silício; ácido muriático: cloreto de hidrogênio; fluoreto argêntoso: fluoreto de prata; seleneto de zinco: o mesmo.

Outra possibilidade seria lembrar as fórmulas químicas associadas a cada nome trivial ou semissistemático.

As relações entre o nome de cada composto e sua fórmula é apresentada, de modo compacto, através das árvores componenciais duplas que elaboramos para representar as atividades de interpretação dos nomes das substâncias e sua tradução para as fórmulas empíricas (Quadros 3 a 13). Nas árvores componenciais duplas, podemos iniciar a leitura a partir do nome da substância, ou a partir da fórmula empírica, pois, embora apresentem marcas sintáticas e semânticas distintas, tais expressões foram usadas nas mesmas circunstâncias e contextos, e comungam dos mesmos significados.

|cal| — [ms: substantivo próprio] — «substância química» — |dihidróxido de cálcio| — [ms: substantivo próprio, constituído por |di| + |hidróxido| e |cálcio|] — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento cálcio combinado com o grupo composto por um átomo de hidrogênio e um de oxigênio (OH), na proporção 1:2, sendo o cálcio menos eletronegativo que o grupo OH ↔ «fórmula química» — [ms: três símbolos de elementos, com índices numéricos e parênteses] — |Ca(OH)<sub>2</sub>|.

Quadro 03: Atividades de interpretação do nome |cal| e tradução para a fórmula |Ca(OH)<sub>2</sub>|.

|ferrugem| — [ms: substantivo próprio] — «substância química» — |óxido de ferro III| — [ms: substantivo próprio, constituído por |óxido|, |ferro| + |III|] — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento ferro combinado com oxigênio, na proporção 2:3, sendo o ferro menos eletronegativo que o oxigênio ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, com índices numéricos] — |Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>|.

Quadro 04: Atividades de interpretação do nome |ferrugem| e tradução para a fórmula |Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>|.

|seleneto de zinco| — [ms: substantivo próprio, constituído por |selênio| + |eto| e |zinco|, sem prefixos multiplicativos] — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelos elementos selênio e zinco, na proporção 1:1, sendo o selênio mais eletronegativo que o zinco ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, sem índices numéricos] — |ZnSe|

Quadro 05: Atividades de interpretação do nome |seleneto de zinco| e tradução para a fórmula |ZnSe|.



|quartzo| — [ms: substantivo próprio] — «substância química» — |dióxido de silício| — [ms: substantivo próprio, constituído por |di| + |oxigênio| + |ido| e |silício|] — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento silício combinado com oxigênio, na proporção 1:2, sendo o silício menos eletronegativo que o oxigênio ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, com índices numéricos] — |SiO<sub>2</sub>|.

Quadro 06: Atividades de interpretação do nome |quartzo| e tradução para a fórmula |SiO<sub>2</sub>|.

|fluoreto argéntoso| — [ms: substantivo próprio, constituído por |flúor| + |eto| e |prata| + |oso|, sem prefixos multiplicativos] — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelos elementos prata e flúor, na proporção 1:1, sendo o flúor mais eletronegativo que a prata ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, sem índices numéricos] — |AgF|

Quadro 07: Atividades de interpretação do nome |fluoreto argéntoso| para a fórmula |AgF|.

|ácido muriático| — [ms: substantivo próprio] — «substância química» — |cloreto de hidrogênio| — [ms: substantivo próprio, constituído por |cloro| + |eto| e |hidrogênio|, sem prefixos multiplicativos] — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento cloro combinado com hidrogênio, na proporção 1:1, sendo o cloro mais eletronegativo que o hidrogênio ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, sem índices numéricos] — |HCl|.

Quadro 08: Atividades de interpretação do nome |ácido muriático| e tradução para a fórmula |HCl|.

No segundo problema, os licenciandos deveriam determinar o volume necessário para preparar uma solução de barita cáustica 0,1 mol.L<sup>-1</sup>, a partir de uma solução previamente preparada de barita cáustica 50% (m/m).

Nesse problema usamos um nome semissistemático, com o objetivo de observar se os licenciandos iriam interpretá-lo como fizera com os nomes semissistemáticos no problema 1, isto é, se tal expressão seria novamente veículo dos mesmos conteúdos acerca da composição, ou se novos conteúdos seriam correlacionados diante do novo contexto. O mesmo poderia ser observado no caso dos licenciandos optarem pela interpretação da fórmula empírica da barita cáustica, ao invés de interpretarem o nome semissistemático.

A resolução envolve o cálculo da massa molar da barita cáustica, que é definida pelo somatório das massas atômicas dos elementos que constituem a substância. Sendo assim, seria necessário conhecer a composição elementar e a proporção entre os elementos constituintes da substância, evidenciada a partir do nome sistemático ou da fórmula empírica da barita cáustica.

Contudo, como o nome |barita cáustica| é semissistemático, ou seja, informa a composição elementar da substância de modos direto e indireto, faz-se necessário: a) reconhecer os nomes dos elementos citados no nome das substâncias, por exemplo: barita/bário; b) mobilizar conhecimento das relações entre o termo cáustica e composição elementar. Tradicionalmente, uma substância cáustica era considerada uma substância alcalina, porém, atualmente este termo serve para fazer referência a qualquer substância corrosiva, seja um ácido ou uma base (HADDAD, 2002).

Considerando que substâncias alcalinas designadas como soda cáustica (NaOH), potassa cáustica (KOH), e seguindo a tradição, poderíamos pensar que na barita cáustica, além do bário, poderia haver o íon hidroxila ( $\text{OH}^-$ ). Dessa forma, ao fazer o balanço das cargas  $\text{Ba}^{2+}$  e  $\text{OH}^-$ , veríamos que para a carga total do composto ser igual a zero  $(+2)+2(-1)$ , logo a fórmula empírica ficaria  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ . Já vimos anteriormente que o uso dos parênteses indica que o grupo de átomos, cujos símbolos estão entre esses parênteses, se repete no constituinte a quantidade de vezes que indicar o índice numérico que segue os parênteses. Diante da fórmula  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , podemos afirmar que a proporção entre os constituintes da barita caustica é de 1:2:2.

No caso da barita cáustica, cujo nome sistemático é dihidróxido de bário, a árvore componencial que representa a interpretação e a tradução do nome semissistemático para a fórmula empírica é (Quadro 09):

|barita cáustica| — [ms: substantivo próprio] — «substância química» — |dihidróxido de bário| — [ms: substantivo próprio, constituído por |di| + |hidróxido| e |bário|] — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento bário combinado com o grupo composto por um átomo de hidrogênio e um de oxigênio, na proporção 1:2, sendo o bário menos eletronegativo que o grupo OH ↔ «fórmula química» — [ms: três símbolos de elementos, com índices numéricos e parênteses] — |Ba(OH)<sub>2</sub>|.

Quadro 09: Atividades de interpretação do nome barita cáustica e tradução para a fórmula  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

O problema de número três<sup>17</sup> tratava da produção de trióxido de xenônio sólido e ácido fluorídrico a partir da reação de hidrólise lenta do hexafluoreto de xenônio, na presença de umidade do ar. O problema solicitava o cálculo do valor da variação de entalpia padrão do trióxido de xenônio. Foram informados os valores da variação de entalpia padrão da reação, e os valores da variação de entalpia padrão de formação das substâncias hexafluoreto de xenônio, ácido fluorídrico e do vapor de água.

<sup>17</sup> Adaptado de uma questão da segunda fase do vestibular da Universidade Federal da Bahia no ano de 2013.

Sabemos que no processo de determinação da variação de entalpia padrão de uma certa substância, há uma dependência pela equação química, uma vez que o referido cálculo envolve as quantidades de matéria das substâncias participantes, representadas pelos coeficientes numéricos presentes na equação química. Por sua vez, a determinação das quantidades de matéria, definidas no balanceamento, depende da escrita das fórmulas empíricas que representam as substâncias envolvidas e que constituem a equação química.

Mais uma vez optamos por usar nomes sistemáticos, semissistemáticos e triviais para avaliar se as interpretações desses tipos de nomes de substâncias pelos licenciandos seriam influenciadas por um novo contexto. Buscamos observar, também, se o novo contexto iria causar mudanças nos conteúdos correlacionados às respectivas fórmulas empíricas, caso os licenciandos optassem por resolver o problema 3 por meio da interpretação das mesmas, ao invés de fazê-lo diretamente dos nomes das substâncias.

No problema 3 nos deparamos com nomes de substâncias do tipo sistemático, no caso de: hexafluoreto de xenônio, trióxido de xenônio, que informam a composição elementar das substâncias e sua proporção. Por exemplo, dado o nome hexafluoreto de xenônio percebe-se que o mesmo denota a composição elementar da substância na proporção de seis partes do elemento flúor/floureto para uma parte do elemento de xenônio. Como o símbolo do flúor é F e do xenônio é Xe, escreve-se a fórmula  $\text{XeF}_6$ , seguindo a regra do primeiro elemento ser menos eletronegativo e das quantidades relativas (Xe: 1: F: 6) serem indicadas por índices subscritos à direita de cada símbolo.

Para representar a tradução do nome sistemático para a fórmula empírica escrevemos a seguinte árvore componencial (Quadro 10):

| hexafluoreto de xenônio | — ms: substantivo próprio, constituído por |hexa|+|flúor| + |eto| e |xenônio|, com prefixos multiplicativos — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ3] — substância composta pelos elementos flúor e xenônio, na proporção 6:1, sendo o flúor mais eletronegativo que o xenônio ↔ «fórmula química» — ms: fórmula química composta por dois símbolos de elementos, com índices numéricos — |  $\text{XeF}_6$  |

Quadro 10: Atividades de interpretação do nome |hexafluoreto de xenônio| e tradução para a fórmula | $\text{XeF}_6$ |.

Seguindo os mesmos procedimentos e regras, teríamos para o trióxido de xenônio, a fórmula empírica  $\text{XeO}_3$ , cuja proporção entre os constituintes seria 1:3.

Para representar a tradução do nome trióxido de xenônio para a fórmula empírica escrevemos a árvore componencial apresentada a seguir (Quadro 11):

|trióxido de xenônio| — ms: substantivo próprio, constituído por |tri|+|óxido| e |xenônio|, com prefixos multiplicativos — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ3]— substância composta pelos elementos oxigênio e xenônio, na proporção 3:1, sendo o oxigênio mais eletronegativo que o xenônio ↔ «fórmula química» — ms: fórmula química composta por dois símbolos de elementos, com índices numéricos — |XeO<sub>3</sub>|

Quadro 11: Atividades de interpretação do nome |trióxido de xenônio| e tradução para a fórmula |XeO<sub>3</sub>|.

Para o nome ácido fluorídrico, que é semissistemático, e para o nome umidade do ar que é um nome trivial, teríamos que saber o nome sistemático de cada um para construir a fórmula empírica seguindo as regras de nomenclatura para ambos os tipos de expressão da composição.

O nome sistemático do ácido fluorídrico é fluoreto de hidrogênio. E embora a expressão |água| seja um nome trivial, a IUPAC a considera como nome oficial. Seu nome sistemático é óxido de hidrogênio.

Outra possibilidade, mais uma vez, seria lembrar as fórmulas químicas associadas a cada nome trivial ou semissistemático.

As relações entre o nome de cada composto e sua fórmula é apresentada, de modo compacto, através das árvores componenciais abaixo (Quadros 12 e 13):

|ácido fluorídrico| — [ms: substantivo próprio] — «substância química» — |fluoreto de hidrogênio| — ms: substantivo próprio, constituído por |flúor|+ |eto| e |hidrogênio| — *cont.* [EnunciadoQ3] — substância composta pelo elemento flúor combinado com hidrogênio, na proporção 1:1, sendo o flúor mais eletronegativo que o hidrogênio ↔ «fórmula química» — ms: fórmula química composta por dois símbolos de elementos, sem índices numéricos — |HF|

Quadro 12: Atividades de interpretação do nome ácido fluorídrico e de tradução para a fórmula |HF|.

|umidade do ar| — [ms: substantivo próprio] —|água| — «substância química» — |óxido de hidrogênio| — ms: substantivo próprio, constituído por |oxigênio| e |hidrogênio| — *cont.* [EnunciadoQ3] — substância composta pelo elemento oxigênio combinado com hidrogênio, na proporção 1:2, sendo o oxigênio mais eletronegativo que o hidrogênio ↔ «fórmula química» — ms: fórmula química composta por dois símbolos de elementos, com índices numéricos — |H<sub>2</sub>O|

Quadro 13: Atividades de interpretação do nome |umidade do ar| e tradução para a fórmula |H<sub>2</sub>O|.

As possibilidades de resoluções ora apresentadas demonstram que um dos procedimentos mais provável seria a escrita das fórmulas empíricas a partir do nome das substâncias citadas nos enunciados das questões. Para isso, torna-se necessário interpretar

quais informações poderiam ser fornecidas pelos nomes, fossem eles triviais, semissistemáticos e sistemáticos. Para a análise sobre a interpretação da expressão |nomes das substâncias|, definimos algumas ações de interpretação (Quadro 14).

Além das ações de interpretação usamos, também, árvores componenciais de referência (Quadros 3 ao 13) para analisar árvores componenciais produzidas a partir dos procedimentos de resoluções das questões de química pelos licenciandos.

Tipo de nome da substância	Ações de interpretação
Trivial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lembrar da fórmula empírica e escrevê-la;</li> <li>• Lembrar do nome sistemático;</li> <li>• Seguir as regras que orientam a escrita da fórmula empírica a partir do nome sistemático.</li> </ul>
Semissistemático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar as informações presentes (reconhecer os nomes dos elementos citados no nome das substâncias, reconhecer e saber os significados de prefixos e sufixos dos nomes);</li> <li>• Lembrar do nome sistemático</li> <li>• Seguir as regras que orientam a escrita da fórmula empírica a partir do nome sistemático.</li> </ul>
Sistemático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perceber que o nome denota a composição elementar da substância;</li> <li>• Identificar os elementos citados no nome das substâncias;</li> <li>• Reconhecer e saber os significados de prefixos e sufixos dos nomes;</li> <li>• Seguir as regras que orientam a escrita da fórmula empírica.</li> </ul>

Quadro 14: Ações de interpretação dos nomes das substâncias.

Uma vez definidos os parâmetros de análise, iniciamos a etapa da produção de dados, propondo aos participantes da pesquisa que buscassem soluções para três problemas teóricos químicos.

De posse das soluções propostas para as questões registradas por escrito, e após transcrevermos o áudio gravado das entrevistas com os pesquisados, realizadas concomitante à resolução dos problemas teóricos de química, para o formato de texto, passamos à análise de conteúdo.

Optamos pela de análise de conteúdo, já que esta técnica prevê o desvendamento de significações de diferentes tipos de discursos, baseando-se na inferência ou dedução (BARDIN, 2002).

Realizadas as etapas de segmentação, codificação e categorização, definimos como unidades de análise trechos das entrevistas que evidenciavam as explicações dos participantes

da pesquisa sobre os procedimentos usados na interpretação das expressões [fórmula empírica] e [nome da substância]. Elaboramos, também, árvores componenciais que nos permitiram visualizar as conotações e denotações que foram veiculadas, pelos participantes, a tais expressões, partes perceptíveis do signo composição química.

Após a resolução dos problemas, fizemos, ainda, algumas perguntas (Quadro 15) previamente definidas, gravadas em áudio e vídeo, no intuito de obter informações que pudessem nos auxiliar a traçar um perfil dos pesquisados.

Em síntese, a estratégia metodológica que criamos para analisar as atividades de interpretação e tradução das expressões [nome da substância] e [fórmula empírica] envolveu estudantes do curso de Licenciatura em Química, que foram submetidos a resolução de problemas de química, cujos procedimentos foram explicitados durante as entrevistas realizadas concomitantemente. Definimos, ainda, os seguintes parâmetros para análise dos dados obtidos: (a) resoluções previamente elaboradas que envolviam procedimentos e raciocínios básicos (mínimos) para a resolução dos problemas; (b) categorias *a priori* para a interpretação e tradução da expressão [nomes das substâncias]; (c) árvores componenciais referenciais para analisar as árvores componenciais resultantes dos procedimentos de resoluções das questões de química pelos licenciandos.

Nome-	
Curso na graduação-	Ano de ingresso-
Escola do ensino médio -	Ano de conclusão do ensino médio-
Curso técnico-	Ano de conclusão-
Trabalha como-	
Quando ouvi a palavra fórmula, em que você pensa?	
Em que tipo de fórmula química você pensa assim que ouvi o termo fórmula?	
Lembra quando lhe apresentaram pela primeira vez uma fórmula química?	
Recorda como lhe ensinaram a elaborar uma fórmula química?	
Conhece alguma regra para escrever as fórmulas químicas?	
Com que químico você relaciona a proposição das fórmulas químicas?	
Consegue relacionar a fórmula química à alguma teoria ou lei inerente à ciência química?	
Lembra de ter estudado a história das fórmulas químicas? Quando? Em alguma disciplina específica?	

Quadro 15: Entrevista semiestruturada.

## 2.4 ANÁLISE E RESULTADOS

Realizamos a análise dos dados à luz da teoria semiótica de Umberto Eco, no intuito de compreender as atividades de interpretação e de tradução das expressões do signo

composição química, e, conseqüentemente, o processo de emprego desse signo, realizados por estudantes do curso de Licenciatura em Química ao resolverem problemas de química.

Iniciamos pelos aspectos que podem ser traduzidos e interpretados a partir dos nomes das substâncias, sejam triviais, semissistemáticos ou sistemáticos. Tais aspectos, tomados como critérios de análise, foram: os elementos constituintes da substância; os sufixos modificadores; e os prefixos multiplicadores.

Primeiro analisamos as atividades de tradução e interpretação dos nomes triviais, quais sejam: |cal|, |ferrugem|, |quartzo|, |ácido muriático| e |umidade do ar|. Em seguida, as atividades que envolviam nomes semissistemáticos: |fluoreto argéntoso|, |ácido fluorídrico| e |barita cáustica|. E por fim as dos nomes sistemáticos: |seleneto de zinco|, |hexafluoreto de xenônio| e |trióxido de xenônio|. Todos os nomes das substâncias ora citados, constituem os enunciados dos problemas de química, para os quais os licenciandos foram solicitados a apresentarem uma solução.

Após a análise das atividades de interpretação e tradução dos nomes das substâncias, procedemos com a análise acerca das fórmulas empíricas.

#### 2.4.1 Interpretação e tradução dos nomes triviais

Para os nomes triviais das substâncias, |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático|, os licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8 não realizaram qualquer interpretação, e não fizeram a tradução dos mesmos para as fórmulas empíricas, mesmo lhes sendo informados os nomes sistemáticos — dihidróxido de cálcio, trióxido de ferro (III), dióxido de silício, e o nome semissistemático: ácido clorídrico. O trecho de entrevista abaixo com o licenciando E7 exemplifica o incômodo desse grupo de licenciandos ao perceberem que no enunciado do problema 1 as substâncias haviam sido representadas por nomes triviais:

E7: Olha eu acho que falta informações aqui... Sem o conhecimento exato das espécies constituintes de cada uma das substâncias, fica um pouco complicado, a gente pode inferir de uma maneira geral, eu comecei a responder, mas, aí eu tentei lembrar de algumas espécies que constitui cada espécie. Por exemplo no caso da ferrugem, qual é a estrutura da ferrugem e da cal necessariamente?

P: E quem é que lhe dá essa estrutura? Você vê isso aonde?

E7: Eu acho que deveria ser uma informação que deveria estar presente na questão, que a partir dessa informação das espécies de cada substância, a gente pode inferir qualquer coisa sobre elas...

P: Você acha que falta o que no enunciado da questão? Deveria haver o que?

E7: A nomenclatura oficial, seria uma informação, em vez dessa nomenclatura comercial. Por exemplo, o quartzo, eu não sei qual a estrutura que forma o quartzo, então não tenho como responder ...

P: Então você quer a nomenclatura?

E7: Eu quero a nomenclatura e se for o caso a fórmula química.

Constatamos que para os licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8, os nomes triviais não indicaram qualquer aspecto da composição das substâncias. Os nomes triviais |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático|, também, não foram úteis para que os licenciandos: lembrassem dos respectivos nomes sistemático ou semissistemático das substâncias representadas e a partir destes definissem as fórmulas empíricas e/ou recordassem diretamente das fórmulas empíricas correspondentes.

O licenciando E1 demonstrou comportamento distinto dos licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8 diante dos nomes triviais presentes nos enunciados dos problemas de química: tentou relacioná-los com nomes semissistemáticos ou sistemáticos das substâncias, porém, alguns nomes propostos apresentaram erros ou não corresponderam à substância abordada. Por exemplo, para os licenciandos que apresentaram dificuldades em usar o nome trivial |cal|, informamos que tal substância, também, era conhecida pelo nome sistemático |dihidróxido de cálcio|<sup>18</sup>, cuja fórmula empírica é |Ca(OH)<sub>2</sub>|. E1, por sua vez, resolveu o problema 1 com autonomia: ao ler o nome |cal| no enunciado, logo relacionou-o ao nome semissistemático |carbonato de cálcio|, e a partir da interpretação desse nome propôs a fórmula empírica |CaCO<sub>3</sub>|:

E1<sup>19</sup>: Nós temos cal que é carbonato de cálcio (escreve a fórmula CaCO<sub>3</sub>) e ferrugem que é um óxido de ferro (escreve a fórmula Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) com maior número de oxidação, no caso ferro três...

Embora, tenhamos percebido o equívoco de E1, como pretendíamos não interferir nos raciocínios dos licenciandos participantes da pesquisa durante a resolução dos problemas, e como não tínhamos o objetivo de identificar e corrigir possíveis erros nas soluções propostas, não orientamos E1 a corrigir a relação que estabeleceu entre o nome trivial |cal| e o nome semissistemático |carbonato de cálcio|.

A interpretação de E1 para |carbonato de cálcio| se baseou nos conhecimentos já adquiridos acerca da linguagem química como declara na entrevista:

<sup>18</sup> Para o nome trivial |cal| é comum os químicos diferencia-lo como: a) |cal hidratada|, que neste caso seria correspondente ao nome sistemático |dihidróxido de cálcio|, cuja fórmula empírica é Ca(OH)<sub>2</sub>; ou b) |cal virgem| que iria corresponder ao nome sistemático |óxido de cálcio|, sendo sua fórmula igual a CaO.

<sup>19</sup> Realizamos a transcrição literal das falas (explicações, comentários etc.) dos licenciandos durante as resoluções dos problemas e das entrevistas.



E1: Como estava o nome comum, eu por experiência prefiro a linguagem específica da química, que permite ver os constituintes das substâncias.

P: Experiência do trabalho?

E1: Do trabalho e da vida, né?

O fato de lidar com frequência com nomes químicos triviais levou E1 a correlacionar |cal| com |cálcio|, o que denotou «presença do elemento cálcio na composição da substância». É possível que também tenha associado |cal| a |calcário| e daí obtido o significado «presença do íon carbonato na composição da substância». Desse modo, se justificaria ter proposto a fórmula empírica |CaCO<sub>3</sub>| para a substância cal.

Como o licenciando E1 não fez referências ao sufixo modificador |ato|, não podemos afirmar se essa expressão foi levada em conta no processo de interpretação.

O processo de interpretação da expressão |cal| e sua tradução para a fórmula empírica |CaCO<sub>3</sub>|, está representado na árvore componencial abaixo (Quadro 16):

|cal| — «substância química» — |carbonato de cálcio| — [ms: |carbonato| + |cálcio|]—  
*cont.*[EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento cálcio, carbono e oxigênio ↔ «fórmula  
 química» — [ms: três símbolos de elementos] — |CaCO<sub>3</sub>|.

Quadro 16: Atividades de interpretação de |cal| e de tradução para |CaCO<sub>3</sub>| pelo licenciando E1.

Os mesmos resultados foram observados nas interpretações de E1 para os nomes |óxido de ferro| e |óxido de silício|:

E1: O quartzo, silício, óxido de silício, acho que.... Não sei de cabeça, mas é um óxido de silício, aqui eu vou só colocar SiO, mas eu não lembro a fórmula.

No trecho acima, que faz menção ao óxido de silício, e no trecho da página 87 que faz referência ao óxido de ferro, encontramos erros nas nomenclaturas propostas por E1. Na realidade os nomes sistemáticos para |ferrugem| e |quartzo|, segundo a IUPAC, deveriam ser: |trióxido de ferro (III)| e |dióxido de silício|. Contudo, como já justificamos anteriormente, não indicamos a correção.

Em ambos os nomes empregados por E1, a expressão |óxido| remeteu ao elemento oxigênio, portanto, diante dessa expressão E1 denotou o significado «presença do elemento oxigênio na composição da substância». Todavia, não observamos referências de E1 ao o sufixo modificador |ido|, logo não pudemos inferir se ocorreu correlação entre essa expressão e um certo conteúdo.

Para as expressões |ferro| e |silício|, E1 denotou «presença do elemento ferro na composição da substância» e «presença do elemento silício na composição da substância», respectivamente.

A partir das suas interpretações, E1 identificou, portanto, os elementos constituintes da substância em questão, o que o fez escrever as fórmulas empíricas: |Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>| e |SiO|. Note-se que, embora a fórmula que foi escrita por E1 para o quartzo não esteja quimicamente correta, deve-se salientar que a mesma foi escrita com base na interpretação do nome |óxido de silício|, ao invés de |dióxido de silício|, de modo que, está sintaticamente correta.

Em síntese, para as atividades de interpretação de |ferrugem| e |quartzo| e de tradução para as fórmulas empíricas |Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>| e |SiO| realizados por E1 temos a seguinte árvore componencial geral (Quadro 17):

|nome trivial| — «substância química» — |nome sistemático| — [ms: |óxido| + |X|]—  
*cont.*[EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento X combinado com oxigênio ↔  
 «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos] — |XpOq|.

Quadro 17: Atividades de interpretação de |ferrugem| e |quartzo| pelo licenciando E1.

Para o |quartzo|, por exemplo, temos a seguinte árvore componencial (Quadro 18):

|quartzo| — «substância química» — |óxido de silício| — [ms: |óxido| + |silício|]—  
*cont.*[EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento silício combinado com oxigênio ↔  
 «fórmula química» — [ms: composta por dois símbolos de elementos] — |SiO|.

Quadro 18: Atividades de interpretação de |quartzo| e tradução para |SiO| pelo licenciando E1.

No caso do nome trivial |ácido muriático|, notamos que E1 precisou recorrer ao nome semissistemático |ácido clorídrico|:

E1: Ácido muriático é o nome comum do ácido clorídrico (escreve HCl).

Ao interpretá-lo, a expressão |ácido| denotou «presença do hidrogênio na substância». O nome semissistemático |ácido clorídrico| é muito empregado pelos docentes de química das Instituições de Ensino Superior (IES), tanto em aula quanto em pesquisa, em lugar do nome sistemático cloreto de hidrogênio. Similarmente, outros haletos e calcogenetos de hidrogênio são denominados como ácidos, de modo que, a formação ambiental de E1 pode explicar sua interpretação de ácido como «composto que contém hidrogênio».

Para a expressão |clorídrico|, E1 atribuiu o significado «presença de átomos de cloro na substância», já que sabe que os nomes dos elementos dão origem aos nomes das

substâncias. Porém, nas falas de E1 não encontramos indícios que nos levasse a avaliar se E1 considerou o sufixo modificador |ídrico|.

A partir das correlações estabelecidas, E1 definiu que a fórmula empírica para o ácido clorídrico era |HCl|.

Diante dos resultados, escrevemos a seguinte árvore componencial (Quadro 19):

|ácido muriático| — «substância química» — |ácido clorídrico| — [ms: |ácido|+ |cloro|]—*cont.*  
 [EnunciadoQ1]— substância composta pelo elemento cloro combinado com hidrogênio, ↔«fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos] — |HCl|.

Quadro 19: Atividades de interpretação de |ácido muriático| e sua tradução para |HCl| pelo licenciando E1.

Comparando as árvores componenciais para os nomes triviais |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático|, observamos que E1, ao se deparar com nomes triviais das substâncias, sempre recorreu a nomes sistemáticos, ou semissistemáticos, que o permitia identificar os elementos constituintes das substâncias com as quais teria que tratar para resolver o problema 1. Acreditamos que o fato de E1 propor nomes semelhantes aos sistemáticos e semissistemáticos em substituição aos nomes triviais, procedimento não realizado pelos outros licenciandos, tem relação com sua atividade profissional desenvolvida na indústria química. Além disso, E1 nos informou, durante a entrevista, que lida com tais expressões desde as aulas de química no ensino médio, como também, nos cursos da área de química de ensino superior.

A interpretação dos nomes propostos por E1 nos levou a crer que esse licenciando conhecia a regra de nomenclatura que define que os nomes dos elementos são usados como raiz sobre a qual se constrói o nome da substância. Podemos fazer tal afirmação, uma vez que em todas as interpretações dos nomes das substâncias, apresentadas neste trabalho, E1 sempre teve êxito em determinar os elementos constituintes das substâncias, contemplando, assim, o aspecto qualitativo da composição das substâncias.

Todavia, registramos que em momento algum da entrevista, E1 mencionou oralmente, ou mesmo por escrito, a presença nos nomes dos sufixos modificadores: |ato|, |ido| e |ídrico|, o que nos leva a inferir que não os interpretou.

Por fim, constatamos que as atividades de interpretação dos nomes propostos por E1, em substituição dos nomes triviais, não tornaram explícito o aspecto quantitativo da composição de todas as substâncias. Não constatamos a interpretação dos prefixos multiplicadores: |di|, |tri|, por exemplo. Portanto, acreditamos que tais nomes não foram

usados para determinar as proporções relativas entre os elementos constituintes das substâncias.

O licenciando E6 apresentou muita facilidade ao interpretar os nomes triviais das substâncias presentes nos enunciados do primeiro problema:

E6: Então aqui tem a cal e a ferrugem que é  $\text{FeO}_3$ , não é isso? [...] Pela interação,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , tem a mesma ligação iônica, só que não sei a potência tem esse detalhe...

[...] Quartzo, quartzo é o que a sílica? Então quartzo seria ... (escreve o nome e a fórmula da substância)  $\text{SiO}_2$  tem um “n” aqui (Escreve  $(\text{SiO}_2)_n$ ).

[...] Aí tem o outro que é o ácido muriático que é o  $\text{HCl}$ .

Constatamos que o licenciando E6 lembrou das fórmulas empíricas e as escreveu. Esta forma de interpretar as expressões |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático| foi possível porque E6 recorreu aos conhecimentos por ele já adquiridos, como declara na entrevista:

P: Como você sabe que o quartzo é sílica, e que sua fórmula é  $\text{SiO}_2$ ?

E6: Nos conhecimentos anteriores teóricos.

Portanto, podemos representar a interpretação dos nomes triviais |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático| e a tradução destes para as fórmulas  $|\text{Ca}(\text{OH})_2|$ ,  $|\text{Fe}_2\text{O}_3|$ ,  $|\text{SiO}_2|$  e  $|\text{HCl}|$ , realizadas por E6 por meio da seguinte árvore componencial geral (Quadro 20):

|nome trivial| — «substância química» — *cont.*[EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento X combinado com Y  $\leftrightarrow$  «fórmula química» — [ms: dois, ou três, símbolos de elementos, com índices numéricos] —  $|\text{XpOq}|$ .

Quadro 20: Atividades de interpretação de |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático| pelo licenciando E6.

Para o |quartzo|, por exemplo, temos a seguinte árvore componencial (Quadro 21):

|quartzo| — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento silício combinado com oxigênio  $\leftrightarrow$  «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, com índices numéricos] —  $|\text{SiO}_2|$ .

Quadro 21: Atividades de interpretação do nome |quartzo| e tradução para a fórmula  $|\text{SiO}_2|$ .

Uma vez que o licenciando E6, ao interpretar os nomes triviais presentes no problema 1, apenas recorreu às ações de lembrar as fórmulas empíricas e escrevê-las, ações estas assentadas no conhecimento teórico já adquirido pelo mesmo, inferimos que tal conhecimento fora suficiente para E6 identificar os elementos constituintes das substâncias

com as quais teria que tratar para resolver o problema 1, e por isso não foi preciso recorrer aos nomes sistemáticos, ou aos semissistemáticos como fizera o licenciando E1.

O fato de E6 interpretar os nomes triviais das substâncias e traduzi-los para as fórmulas empíricas, procedimento este que não observamos nos licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8, pode decorrer das suas atividades acadêmica e profissional, uma vez que, durante a entrevista, E6 declarou que sempre faz uso de nomes e fórmulas de várias substâncias, seja como estudante do curso de licenciatura, ou ao ministrar aulas de química em um curso pré-vestibular, logo, já os tem memorizados.

Além dos nomes triviais: |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático| presentes no primeiro problema, um outro nome trivial aparece no enunciado do problema de número três. O nome |umidade de ar| é citado na descrição da reação química da produção de trióxido de xenônio sólido e ácido fluorídrico a partir da reação de hidrólise lenta do hexafluoreto de xenônio.

Notamos que no caso do nome |umidade do ar| todos os licenciandos ao lerem o enunciado do problema 3, logo trataram de o substituí-lo por outro nome trivial: |água|. Os trechos de entrevistas com os licenciandos E2 e E3 abaixo exemplificam o que acabamos de relatar:

E2: (faz a leitura do enunciado em voz alta) Obtidos diretamente da reação... reage com água...

P: Então qual é mesmo a reação?

E2: Fluoretos reagindo com água... então eu tenho que somar os dois fluoretos mais a água, ou um dos fluoretos ...

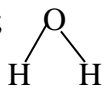
E3: Hexafluoreto de xenônio mais a água vai dar ácido fluorídrico e trióxido e ele quer saber a entalpia de formação do trióxido de xenônio...

Ao lerem a expressão |umidade do ar| todos os licenciandos, imediatamente, interpretaram e traduziram para |água|, e posteriormente, ao escreverem a equação química que representava a reação em estudo, interpretaram e traduziram |água| para a fórmula empírica |H<sub>2</sub>O|. As atividades de interpretação e tradução da expressão |umidade do ar| para a fórmula empírica |H<sub>2</sub>O| está representado pela árvore componencial a seguir (Quadro 22):

|umidade do ar| — |água| — «substância química» — [ms: constituído por |oxigênio| e |hidrogênio|] —  
*cont.* [EnunciadoQ3] — substância composta pelo elemento oxigênio combinado com hidrogênio,  
 sendo dois hidrogênios e um oxigênio ↔ «fórmula química» — [ms: fórmula química composta por  
 dois símbolos de elementos, com índices numéricos] — |H<sub>2</sub>O|

Quadro 22: Atividades de interpretação do nome |umidade do ar| e tradução para a fórmula |H<sub>2</sub>O| por todos os licenciandos.

Este foi o único caso de nome trivial em que todos licenciandos conseguiram recordar da fórmula empírica correspondente e, assim, escrevê-la. Diante dos outros nomes triviais: |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático|, apenas o licenciando E6 procedera dessa maneira.

Poderíamos relacionar este resultado com o fato de todos os licenciandos terem cursado escolas de nível médio ou profissionalizante, e de estarem em um curso de química de nível universitário, nos quais a substância água é mencionada com excessiva frequência por meio de múltiplas expressões. Além das já citadas neste trabalho, nas aulas de química é comum representá-la por:  $\text{H—O—H}$  ; , dentre outras.

Contudo, além do contato frequente dos licenciandos com as expressões da composição química da substância água decorrente dos estudos químicos no âmbito da educação formal, devemos levar em conta que a presença da expressão  $|\text{H}_2\text{O}|$ , para fazer referência a substância água, é comum em campanhas publicitárias em revistas, jornais e televisão, ou nos rótulos de alimentos industrializados e medicamentos etc., o que torna seu uso quase que cotidiano.

Destarte, inferimos que o grau de dependência das expressões |água| e  $|\text{H}_2\text{O}|$  com a composição química da substância água deve ser extremamente elevado, e por isso os licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8 não solicitaram a fórmulas empírica como fizeram com os outros nomes triviais: |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático|. Esta, também, deve ser a causa para que o licenciando E1 não tenha recorrido, por exemplo, ao nome sistemático: |óxido de hidrogênio|, e ter seguido as regras que orientam a escrita da fórmula empírica a partir desse nome sistemático, como fizera para os nomes triviais ora citados.

À vista do exposto, inferimos que E2, E3, E4, E5, E7 e E8 não demonstraram familiarização com a maioria dos nomes triviais citados nos enunciados dos problemas. Isto nos causa estranheza, uma vez que os nomes triviais |cal|, |ferrugem|, |quartzo| e |ácido muriático|, além de serem citados com frequência nas aulas de química e livros didáticos, tanto no ensino médio como no ensino superior, para designar substâncias, são também, utilizados no cotidiano.

Não podemos deixar de pensar que este pode vir a ser um problema para a formação destes licenciandos, já que se espera que professores de química dominem um vasto repertório de expressões e significados inerentes à linguagem química, para que possa ensiná-la adequadamente, o que é essencial para a formação de conceitos químicos por parte dos estudantes que se encontram sob sua responsabilidade.

Por exemplo, se um estudante questiona ao seu professor de química sobre a composição química de um produto de limpeza denominado ácido muriático, que fora comprado pelo síndico do prédio onde mora para limpar o piso da área de serviço, o mínimo que se espera desse professor é que prontamente explique que: a) este é o nome trivial da substância ácido clorídrico; b) é uma substância composta por moléculas constituídas por átomos de cloro e hidrogênio, na proporção de 1:1; c) entre o cloro e o hidrogênio, o primeiro é o mais eletronegativo; d) cloro e hidrogênio interagem via ligação covalente etc. etc.. O professor pode, ainda, ensinar: o nome sistemático |cloreto de hidrogênio|, sua fórmula empírica |HCl|, e outras formas de expressão da composição do ácido muriático, dentre outras informações químicas. Caso o professor desconheça a expressão ácido muriático, lhe restará pedir ao aluno um tempo para estudar o caso.

#### 2.4.2 Interpretação dos nomes Semissistemáticos

Após analisarmos as atividades de interpretação e tradução referentes aos nomes triviais, passamos a analisar as atividades que envolviam os nomes semissistemáticos: |fluoreto argéntoso|, |barita cáustica| e |ácido fluorídrico| presentes nos enunciados dos problemas de química.

Ao lerem o nome semissistemático |fluoreto argéntoso|, no primeiro problema, os licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8 não o interpretaram, e não fizeram a tradução do mesmo para as fórmulas empíricas, mesmo lhes sendo informando o nome sistemático: Fluoreto de prata(I). Ou seja, E2, E3, E4, E5, E7 e E8, não lembraram da relação entre nome trivial e nome sistemático, ou semissistemático, e, também, não lembraram da relação entre tais nomes e suas respectivas fórmulas empíricas, bem como, das regras que poderiam lhes orientar na tradução dos nomes para as fórmulas.

Já os licenciandos E1 e E6 agiram diferente dos licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8 ao lerem o nome semissistemático |fluoreto argéntoso|:

E1: Fluoreto argéntoso, esse argéntoso me parece que se refere a prata... fluoreto... (escreve AgF).

E6: Fluoreto argéntoso e ácido muriático. Argéntoso de prata, não é isso? Então... (escreve a fórmula AgF).

Os licenciandos E1 e E6 dirigem sua atenção à palavra |argéntoso| que, mesmo sem muita segurança, relacionam com a palavra |prata|. Insegurança que não é demonstrada em

relação à palavra |fluoreto|, que logo é associado ao elemento químico flúor. Em outras palavras, E1 e E6 interpretaram |argentoso| como «presença do elemento químico prata na composição da substância», e para |fluoreto| denotaram «presença do elemento flúor na composição da substância». Isto quer dizer que os licenciandos usaram a regra de nomenclatura que indica que os nomes das substâncias derivam dos nomes dos elementos que são usados como raiz.

Ao serem questionados por que haviam escrito as fórmulas colocando os símbolos dos elementos químicos em uma ordem inversa aos nomes das substâncias, os licenciandos E1 e E6 responderam:

E1: Aqui eu pensei nas cargas do flúor, que é -1, pois é fluoreto, e prata eu sei que é 1+, logo achei AgF. Como o flúor é mais eletronegativo, primeiro escrevo a prata e depois ele.

E6: Porque normalmente tem alguns critérios quando a gente vai montar a fórmula de um composto inorgânico, a gente coloca sempre o mais eletronegativo mais na extremidade direita, é um ‘critériozinho’ de eletronegatividade. E a gente vem seguindo esse critério da eletronegatividade, maior eletronegatividade fica na extremidade direita.

Notamos que E1 e E6 conhecem um dos princípios ordenadores para a sequência dos símbolos no momento da escrita das fórmulas empíricas, que é a eletronegatividade. Segundo a regra, em primeiro lugar se escreve o símbolo do elemento menos eletronegativo, depois o do mais eletronegativo. Inverte-se, portanto a sequência estabelecida no nome da substância, no qual primeiro se escreve o nome do elemento mais eletronegativo e depois o nome do elemento menos eletronegativo.

Uma vez que os licenciandos E1 e E6 se valeram da ordem dos nomes |fluoreto| e |argentoso| no nome da substância |fluoreto argenteo| para determinarem eletronegatividade dos elementos químicos constituintes da substância, inferimos que os licenciandos não interpretaram os sufixos modificadores: |eto| e |oso|.

Destarte, propomos a árvore componencial apresentada no Quadro 23 para representar as atividades de interpretação e tradução do nome |fluoreto argenteo|, para a fórmula |AgF|:

|fluoreto argenteo| — [ms: constituído por |flúor| e |prata|, sem prefixos multiplicativos] — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelos elementos prata e flúor, sendo o flúor mais eletronegativo que o prata ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, sem índices numéricos] — |AgF|

Quadro 23: Atividades de interpretação do nome |fluoreto argenteo| para a fórmula |AgF| por parte de E1 e E6.



Consideramos, portanto, que o aspecto qualitativo do conceito composição química fora contemplado por E1 e E6, pois, determinaram os elementos constituintes da substância, e os avaliaram quanto à eletronegatividade.

Todavia, não encontramos qualquer referência à presença, ou, mais especificamente neste caso, à ausência de índices numéricos, por parte dos licenciandos E1 e E6. Estes não fizeram qualquer comentário sobre o aspecto quantitativo do conceito composição química, ou seja, não fora considerado no processo de interpretação do nome |fluoreto argéntoso|.

Diante da expressão |barita cáustica| os licenciandos E1, E2, E6 e E8 direcionaram sua atenção à palavra |cáustica|, como podemos comprovar com os seguintes trechos das entrevistas:

E2: Se eu soubesse a fórmula química dela (aponta para o nome da barita) sei lá, barita cáustica, alguma coisa OH, não sei... Bário, bário está na família 2A, não é? (olha na tabela periódica). Então eu vou ter Ba(OH)<sub>2</sub>.

E6: Só se... como soda cáustica é NaOH, eu “tô” achando que é Ba(OH)<sub>2</sub>.

E8: Barita cáustica, barita vem de bário que é um metal ligado a hidroxila de cáustica. Fica BaOH. Não... fica Ba(OH)<sub>2</sub>.

Notamos que tais licenciandos, por analogia com outras substâncias alcalinas, como por exemplo, soda cáustica (NaOH), interpretaram |cáustica| como «presença do grupo hidroxila». Já para a expressão |barita|, não tiveram dificuldades em denotar «presença do elemento bário na composição da substância».

Embora, estivessem lidando com um nome semissistemático, que informa apenas a composição elementar da substância de modo parcial, além de E1, E2, E6 e E8 verificarem que a substância apresentava os elementos: bário (Ba), oxigênio (O) e hidrogênio (H), também se preocuparam em definir os índices numéricos da fórmula. O trecho a seguir demonstra como E6 determinou os índices numéricos:

E6: Aí eu busquei a fórmula. Como é que eu consegui? Barita cáustica eu pensei só na soda cáustica ... soda cáustica: NaOH; e aí eu fui pra barita, é Ba, seria o bário, né? Vem de bário, barita vem de bário, é mineral do bário, então eu peguei o bário; como ele tem uma carga mais dois, nox mais dois, número de oxidação, né? Então usei a regrinha de formulação...

P: Qual regrinha de formulação?

E6: Não é bem uma regrinha, é só para neutralizar as cargas; se aqui eu tenho duas cargas positivas, e cada hidroxila tem carga menos um, aí eu preciso de duas hidroxilas. Foi pra balancear as cargas na fórmula, sendo que na fórmula o somatório das cargas tem que dar zero, né? Que neutraliza.

O procedimento para determinação dos índices numéricos da fórmula da barita cáustica descrito no trecho acima, foi semelhante ao seguido por E1, E2 e E8. Todavia, como demonstra tal trecho, a determinação dos índices numéricos da fórmula  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ , não decorreu da interpretação do nome |barita cáustica|, mas do conhecimento de que em um composto o somatório das cargas dos elementos deve ser igual a zero.

Para a interpretação de |barita cáustica| e sua tradução para  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ , realizada por E1, E2, E6 e E8, elaboramos a seguinte árvore componencial (Quadro 24):

|barita cáustica| — [ms: |barita| + |cáustica|] — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ2] — substância composta pelo elemento bário combinado com o grupo hidroxila (composto por um átomo de hidrogênio e um de oxigênio) ↔ «fórmula química» — [ms: três símbolos de elementos, com índices numéricos e parênteses] —  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ .

Quadro 24: Atividades de interpretação de |barita cáustica| e sua tradução para  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ , por E1, E2, E6 e E8.

Por sua vez, os licenciandos E3, E4, E5 e E7, após lerem o enunciado do problema 2, solicitaram a fórmula empírica, pois não conseguiam obtê-la do nome |barita cáustica|. Informamos-lhes o nome sistemático, para observar como procederiam. E, diferentemente do ocorrido no problema 1, os licenciandos, ora mencionados, interpretaram o nome |dihidróxido de bário|, e propuseram uma fórmula empírica, como podemos comprovar através dos seguintes trechos de entrevista:

E4: Eu só consigo fazer a questão com a fórmula da substância...

P: Isso aqui (aponto para o nome barita cáustica) é dihidróxido de bário.

E4: BaOH? São duas hidroxilas ou uma só?

P: Como é que você monta a fórmula?

E4: Pela regra do coeficiente. O coeficiente do OH, eu acho que é menos um (escreve  $\text{OH}^-$ ), aí a gente passa esse número pra cá (desenha uma seta partindo da carga colocada sobre o símbolo do bário  $\text{Ba}^{2+}$  em direção ao lado direito e em baixo do símbolo do hidrogênio da hidroxila) e esse pra cá (seta partindo da carga do  $\text{OH}^-$  em direção ao lado direito e subscrito ao símbolo do bário), como não pode ficar menos um aqui, fica  $\text{Ba}_1$  e aqui  $\text{OH}_2$ , fica  $\text{BaOH}_2$ . Não! Faltou o parêntese, fica  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ .

E5: Estou em dúvida...

P: E se eu lhe disser que é dihidróxido de bário?

E5: Eu escrevo o íon do cátion  $\text{Ba}^{2+}$  e  $\text{OH}^-$ . O grupo hidroxila tem uma carga negativa, e o bário tem duas, pra que o composto se forme... São necessárias duas hidroxilas, porque duas vezes o menos um, dá dois mais, com dois menos, balanceando dá zero, o composto tem que ser neutro.

Com base nas observações registradas durante a resolução dos problemas, podemos supor que os licenciandos E3, E4, E5 e E7 se prontificaram a escrever a fórmula empírica do dihidróxido de bário, ao invés de solicitá-la, porque usaram como parâmetro a fórmula empírica da substância dihidróxido de cálcio,  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ , que lhes foi disponibilizada no primeiro problema, após a solicitarem.

Para o processo de interpretação da expressão |dihidróxido de bário|, notamos que os licenciandos E3, E4, E5 e E7, diante da expressão |dihidróxido| denotaram «presença do grupo hidroxila», e que para a expressão |bário| significaram «presença do elemento bário na composição da substância».

Embora a expressão |dihidróxido| traga na sua estrutura o prefixo multiplicador |di|, que significa «dois», para indicar a proporção relativa do grupo hidroxila em relação ao bário na substância, inferimos que a expressão |di| não foi levada em consideração por E3, E4, E5 e E7 para determinar os índices numéricos da fórmula empírica  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ . Na realidade, como pudemos observar nos trechos das entrevistas de E4 e E5 apresentados anteriormente, a determinação de tais índices ocorreu após realizarem o balanço de cargas dos elementos constituintes, definidas pelos próprios licenciandos, e não pela interpretação do nome sistemático da substância.

Ainda em relação a expressão |dihidróxido|, também não notamos qualquer inferência acerca de significados para o sufixo modificador |ido| por parte dos licenciandos E3, E4, E5 e E7.

A interpretação de |dihidróxido de bário| e sua tradução para  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ , realizadas por E3, E4, E5 e E7, pode ser representada pela seguinte árvore componencial (Quadro 25):

|barita cáustica| — «substância química» — |dihidróxido de bário| — [ms: |hidróxido| e |bário|] —  
*cont.* [EnunciadoQ2] — substância composta pelo elemento bário combinado com o grupo hidroxila  
 (composto por um átomo de hidrogênio e um de oxigênio) ↔ «fórmula química» — [ms: três  
 símbolos de elementos, com índices numéricos] —  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$

Quadro 25: Atividades de interpretação de |barita cáustica| e sua tradução para  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ , por E3, E4, E5 e E7.

Comparando as árvores dos Quadros 24 e 25, notamos que embora os dois grupos de licenciandos tenham seguido procedimentos distintos: E1, E2, E6 e E8 fizeram a interpretação da expressão |barita cáustica|; e E3, E4, E5 e E7 recorreram ao nome sistemático |dihidróxido de bário|, ao final, todos atribuíram os mesmos significados qualitativos para ambas as expressões, isto é, determinaram os elementos constituintes da substância. Em

ambos os casos, os licenciandos usaram a regra de nomenclatura que indica que os nomes das substâncias derivam dos nomes dos elementos que são usados como raiz.

Notamos que os licenciandos ao interpretarem |dihidróxido de bário| não se referiram ao íon hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), ou à presença de hidrogênio e oxigênio, que é indicado pela junção das expressões |hidro|+|ox| + |ido|, e sim ao grupo hidroxila ( $\text{—OH}$ ), o que nos levou a concluir que não ocorreu a interpretação do sufixo modificador |ido|.

O significado esperado para o sufixo |ido|, no nome da substância dihidróxido de bário, era «íon hidróxido», uma vez que essa substância é constituída a partir da transformação do grupo formado por átomos de oxigênio e hidrogênio ( $\text{OH}$ ) em íon negativo (ânion,  $\text{OH}^-$ ) ao interagir eletrostaticamente com átomos de bário ( $\text{Ba}$ ), que por sua vez se tornam íons positivos (cátions,  $\text{Ba}^{2+}$ ). Ou seja, a presença do sufixo |ido| decorre da presença do íon hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), considerado um ânion que deriva do oxigênio, e não devido a presença do grupo hidroxila como denotaram os licenciandos.

Correlacionar o significado «grupo hidroxila» à presença da expressão |hidróxido| no nome da substância dihidróxido de bário seria mais adequado, caso os licenciandos estivessem lidando com uma substância orgânica, na qual este grupo estaria assumindo o papel de radical orgânico, ou de grupo funcional<sup>20</sup>. Embora o grupo hidroxila<sup>21</sup>, seja semelhante estruturalmente ao íon hidróxido, pois, tem átomo de hidrogênio ligado a átomo de oxigênio, com o oxigênio altamente eletronegativo, ele se caracteriza por estabelecer ligações covalentes com átomos de carbono formando substâncias orgânicas.

Portanto, consideramos que os licenciandos devem procurar ser mais atentos e rigorosos com o uso do termo |grupo hidroxila| ao lidarem com substâncias que tenham na sua nomenclatura a expressão |hidróxido|. Pois, uma vez professores de química, ao cometerem imprecisões de linguagem como esta, podem engendrar confusões conceituais que poderão interferir na formação e desenvolvimento do pensamento químico dos estudantes.

Acreditamos que a preocupação de todos os licenciandos com a determinação dos índices numéricos na fórmula empírica  $|\text{Ba}(\text{OH})_2|$  — o que não ocorreu nas atividades de interpretação dos nomes triviais—, pode ter sido decorrente do contexto, ou seja, do fato da resolução do problema 2 envolver o cálculo da massa molar da substância barita cáustica.

<sup>20</sup> Grupo funcional é a denominação que se dá a um átomo ou a um grupo de átomos que define a estrutura de uma determinada família de compostos orgânicos e, ao mesmo tempo, é responsável pelas propriedades que ela apresenta (MORRISON; BOYD, 1990).

<sup>21</sup> O termo hidroxila pode ser utilizado para fazer referência: ao grupo hidroxila  $\text{—OH}$ , ou às espécies de radicais  $\text{HO}^\bullet$ ; ou ao ânion hidroxila  $\text{HO}^-$  (GOLDBOOK IUPAC, 2014).

Contudo, como demonstramos anteriormente, tais índices numéricos não foram interpretados das expressões: |barita cáustica| e |dihidróxido de bário|. O prefixo multiplicador |di| não foi objeto de interpretação dos licenciandos. Portanto, não consideramos que o aspecto quantitativo da composição tenha sido contemplado no processo de interpretação desses nomes.

Para concluir a análise das atividades de interpretação dos nomes semissistemáticos pelos licenciandos em química participantes da pesquisa, abordamos o caso do |ácido fluorídrico|, nome de substância mencionado no problema de número três.

Ao lerem o nome semissistemático |ácido fluorídrico|, no problema três, todos licenciandos lembraram prontamente da fórmula empírica |HF|.

A tradução direta da memória, sem recorrer ao nome sistemático, decorreu da familiarização dos licenciandos com a expressão |ácido fluorídrico|, já que o nome |ácido fluorídrico| é de uso constante nas aulas, ou nas suas atividades profissionais:

P: Não teve dificuldade em montar as fórmulas?

E1: Não, não.

P: Por que? Já conhecia as substâncias?

E1: É, isso, já tinham dito que eram gases nobres, ácidos, fluorídrico, óxidos, então... são nomes corriqueiros.

E embora pudessem fazer analogia com a relação entre a expressão |ácido clorídrico| e a fórmula |HCl|, que lhes foi informada no primeiro problema, constatamos que isto não aconteceu explicitamente, segundo os registros das observações durante as entrevistas.

Para a resolução do problema 3, os licenciandos realizaram o balanceamento da equação química que propuseram para representar a reação química citada no enunciado deste problema. Durante este procedimento, constatamos que os licenciandos conheciam a regra que diz que quando os índices numéricos são iguais a 1 (um), estes não devem ser escritos, já que interpretaram que o ácido fluorídrico era composto por «um átomo do elemento químico hidrogênio e um átomo do elemento químico flúor».

A partir dos significados correlacionados ao nome |ácido fluorídrico| elaboramos a árvore componencial abaixo (Quadro 26):

|ácido fluorídrico| — «substância química» — constituído por |flúor| e |hidrogênio| — *cont.*  
 [EnunciadoQ3] — substância composta por um elemento flúor combinado com um hidrogênio  
 «fórmula química» — ms: fórmula química composta por dois símbolos de elementos, sem índices numéricos — |HF|

Quadro 26: Atividades de interpretação do nome ácido fluorídrico e de tradução para a fórmula |HF| por todos os licenciandos.

Uma vez que os licenciandos, em momento algum, se referiram ao sufixo modificador |ídrico|, inferimos que este sufixo não fora interpretado.

Não houve, também, qualquer explicação acerca da inversão na sequência dos símbolos na tradução para a fórmula empírica, portanto, não pudemos considerar que a diferença de eletronegatividade entre os elementos químicos constituintes da substância ácido fluorídrico tenha sido denotado do nome |ácido fluorídrico|.

Contudo, consideramos que os licenciandos evidenciaram significados relacionados aos aspectos qualitativos e quantitativos do conceito composição química.

Destarte, comparando as condutas dos licenciandos ao terem que lidar com nomes semissistemáticos com a maneira com que lidaram com os nomes triviais, inferimos que os licenciandos apresentaram menos dificuldades, uma vez que identificaram nomes raízes conhecidos, como: flúor, *argentum*, bário; ou por identificarem semelhanças com outros nomes por eles conhecidos: ácido clorídrico, soda cáustica. Este foram fatores preponderantes para que os licenciandos conseguissem dar informações sobre a composição elementar das substâncias, e para traduzi-los para as suas respectivas fórmulas empíricas.

Contudo, embora seja relevante o domínio de um vasto volume de expressões e significados inerentes à linguagem química, é preciso atentar para o devido rigor que estas requerem ao serem empregadas, caso contrário poderão se tornar obstáculos para a apropriação de conceitos químicos, e, conseqüentemente, para o desenvolvimento do pensamento químico.

Imaginemos que em uma aula de química orgânica, um estudante questione ao professor por que o metanol ( $\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$ ), não tem no nome a palavra |hidróxido|, já que todos os compostos que ele conheceu com o grupo OH, como: dihidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), ou dihidróxido de bário ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ), ou hidróxido de sódio (NaOH), tinham em seus nomes esta palavra. O professor pode explicar que realmente em toda as substâncias citadas há a presença do grupo hidroxila (OH), porém, é preciso esclarecer que no caso de substâncias inorgânicas de natureza iônica, tal grupo refere-se ao íon hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), o que justifica a presença da palavra hidróxido no nome das substâncias que o estudante citou. No caso do metanol — substância orgânica — o grupo hidroxila não é um íon, é um grupo funcional ( $-\text{OH}$ ), cuja presença na substância é representada pelo sufixo |ol|.

Inferimos que cabe ao professor ensinar aos estudantes que o termo |hidroxila| é uma das expressões químicas que pode veicular mais de um significado, e que a escolha deste dependerá do contexto. Por exemplo, na química orgânica a expressão |hidroxila| costuma ser correlacionada ao «grupo funcional hidroxila»; e na química inorgânica ao «íon hidróxido».

Tal esclarecimento, além de evitar interferências na comunicação entre professores e estudantes, propicia condições de definirem com segurança, e sem equívocos conceituais, a composição química de substâncias que possuem na sua estrutura o grupo hidroxila.

#### 2.4.3 Interpretação e tradução dos nomes sistemáticos

Uma vez finalizada a análise das atividades de interpretação e tradução dos nomes semissistemáticos, passamos ao terceiro grupo de nomes de substâncias constituído pelos nomes sistemáticos: |seleneto de zinco|, |hexafluoreto de xenônio| e |trióxido de xenônio|.

Os licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8 que não realizaram as atividades de interpretação e tradução dos nomes triviais, também, não os fizeram para o nome sistemático |seleneto de zinco|. Apenas E1 e E6 interpretaram tal expressão.

O licenciando E1 interpretou a expressão |zinco| como «presença do elemento zinco na composição da substância», e para |seleneto| denotou «presença do elemento selênio na composição da substância». Neste primeiro momento, não houve por parte de E1 qualquer manifestação que indicasse que o sufixo modificador |eto| tivesse sido interpretado. Desse modo, E1 determinou que as espécies constituintes da substância eram zinco e selênio, e escreveu a fórmula |ZnSe|:

E1: Mas o seleneto de zinco, eu não saberia... (pausa para pensar).  
Mas, zinco é +2, e selênio -2 (escreve ZnSe).

Contudo, ao pedirmos para explicar como elaborou a fórmula |ZnSe| a partir do nome |seleneto de zinco|, E1 terminou por reescrever a fórmula para esse composto. O trecho da entrevista abaixo demonstra como E1 procedeu:

E1: O zinco tem  $4s^2$ , então eu sei que tem dois elétrons na última camada desse elemento, e o selênio pela nomenclatura eu diria que era... selênio pela nomenclatura como cloreto de sódio, a terminação eto, seleneto, eu veria... seleneto...  $4p^4$ ...então seriam dois selênios, e dois de zinco, aliás, desculpe, seriam dois de zinco, para formar o octeto (escreve uma nova fórmula  $Zn_2Se$ ).

Eu tenho dois elétrons na última camada do zinco, certo? Então, se eu tenho dois na última camada e sei que o selênio tem -4 na última camada, multiplicando  $2 \times 2$ , aqui (aponta para o símbolo do zinco na fórmula  $Zn_2^{2+}Se^{4-}$ ) vai ser +4, e aqui (aponta para o símbolo do selênio na fórmula  $Zn_2^{2+}Se^{4-}$ ) -4, aí teria uma estrutura... como é que eu diria? Eu formaria um composto equilibrado do ponto de vista do número de cargas.

O trecho acima aparentemente indica que, nesse momento, ocorreu uma segunda atividade de interpretação para |seleneto de zinco|. Ao fazer analogia entre |seleneto de zinco| com o nome |cloreto de sódio|, pela primeira vez, E1 destaca na sua fala o sufixo modificador |eto|, que o deveria levar a pensar no ânion selênio com valência 2-, ( $\text{Se}^{2-}$ ).

Contudo, notamos que o licenciando E1, após consultar a Tabela Periódica, comete o erro de usar como carga do ânion selênio os elétrons de valência do átomo neutro selênio; e como carga do cátion zinco, os elétrons de valência do átomo neutro zinco. Sendo assim, considerou que o zinco tinha carga 2+ ( $\text{Zn}^{2+}$ ) e que o selênio tinha carga 4- ( $\text{Se}^{4-}$ ), ao fazer o balaço de cargas, chegou à nova fórmula | $\text{Zn}_2\text{Se}$ |.

Uma vez que as informações usadas por E1 para gerar a proposição de uma nova fórmula para |seleneto de zinco|, não foram oriundas do processo de interpretação, mas sim de consultas à Tabela Periódica, não consideramos ter havido um novo processo de interpretação desse nome sistemático.

Destarte, para o processo de interpretação de |seleneto de zinco| por E1, apresentamos a árvore componencial abaixo (Quadro 27):

|seleneto de zinco| — [ms: |selênio| + |zinco|] — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelos elementos selênio e zinco ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos] — | $\text{Zn}_2\text{Se}$ |

Quadro 27: Processo de interpretação para |seleneto de zinco| pelo licenciando E1.

Analisando a árvore componencial acima, concluímos que E1 não apresentou novos aspectos de interpretação para o nome sistemático |seleneto de zinco|, se compararmos com as atividades de interpretação dos nomes triviais e semissistemáticos analisados nas subseções anteriores.

E1 contemplou apenas o aspecto qualitativo da composição da substância; usou a norma de nomenclatura que convencionou que os nomes das substâncias devem ter sua origem nos nomes dos seus elementos constituintes; não interpretou o sufixo modificador |eto|; e não usou a expressão para determinar as proporções relativas entre os elementos constituintes das substâncias, ou seja, não fez referência ao aspecto quantitativo.

O licenciando E6, também, interpretou o nome sistemático seleneto de zinco e fez a tradução para a respectiva fórmula empírica, mas, usou procedimentos distintos de E1:

E6: É... seleneto de zinco, aí seria, vou colocar só a fórmula dele aqui, Zn, o selênio tá aqui (aponta na tabela periódica), se Zn é 2+ e selênio é 2-... (escreve  $\text{ZnSe}$ ) seleneto de zinco.



Verificamos que E6 interpretou o nome sistemático |seleneto de zinco| correlacionado à esta expressão os seguintes significados: «presença do elemento zinco na composição da substância», e «presença do elemento selênio na composição da substância».

E ao ser solicitado que explicasse como havia escrito a fórmula |ZnSe|, E6 respondeu:

E6: Aqui (escreve sobre o Se escreve 2-) dois menos e aqui (sobre o Zn escreve 2+) dois mais, com as cargas, faço o balanceamento das cargas, e fico com um de zinco e um de selênio, ZnSe.

Notamos que, embora o nome |seleneto de zinco| não apresente prefixos multiplicativos, E6 fez referência às quantidades dos elementos zinco e selênio, ao escrever a fórmula |ZnSe|, o que nos leva a inferir que E6 fez uso da norma que orienta que quando os índices numéricos forem iguais a 1 (um), estes não devem ser escritos. Portanto, consideramos que à expressão |seleneto de zinco| fora denotado o significado «um átomo do elemento químico zinco e um átomo do elemento químico selênio».

Uma vez evidenciados os significados interpretados por E6 para o nome sistemático |seleneto de zinco| que fora traduzido para |ZnSe|, elaboramos a respectiva árvore componencial (Quadro 28):

|seleneto de zinco| — [ms: constituído por |selênio| | e |zinco|, sem prefixos multiplicativos] — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelos elementos selênio e zinco, sendo um selênio e um zinco, com o zinco menos eletronegativo que o selênio ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, sem índices numéricos] — |ZnSe|

Quadro 28: Atividades de interpretação do nome |seleneto de zinco| e tradução para a fórmula |ZnSe| por E6.

Novamente o licenciando E6 não fez referência ao sufixo modificador |eto|, como já ocorrera no caso do nome semissistemático |fluoreto argéntoso| (ver página 95). Contudo, mais uma vez, E6 escreveu os símbolos dos elementos químicos na sequência esperada definindo corretamente que a fórmula empírica |ZnSe| corresponde à |seleneto de zinco|.

Portanto, inferimos E6 continuou a seguir a orientação de que em primeiro lugar se escreve o símbolo do elemento menos eletronegativo, depois o do mais eletronegativo. Isto quer dizer que a partir do nome sistemático |seleneto de zinco| o licenciando E6 interpretou o seguinte significado: «o elemento químico zinco é menos eletronegativo que o elemento químico selênio».

Diante dos significados denotados ao nome sistemático |seleneto de zinco| pelo licenciando E6, consideramos que os aspectos qualitativo e quantitativo do conceito composição química foram contemplados.

Embora os licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8 tenham tido dificuldades para interpretar e traduzir |seleneto de zinco|, o que os fez solicitar a fórmula empírica para resolverem um dos itens do problema 1, o mesmo não ocorreu para os nomes sistemáticos: |hexafluoreto de xenônio| e |trióxido de xenônio|, presentes no enunciado do problema 3. Isto aconteceu, pois, tais licenciandos, de acordo com nossas anotações durante a observação das resoluções dos problemas, consultavam as resoluções dos problemas 1 e 2, ou seja, usaram as relações entre nomes das substâncias e fórmulas empíricas como modelo.

Os licenciandos E1 e E6 agiram com maior autonomia, e não recorreram aos seus escritos nos problemas resolvidos anteriormente.

O trecho da entrevista com E7, representa a forma como todos licenciandos se comportaram diante dos nomes sistemáticos |hexafluoreto de xenônio| e o |trióxido de xenônio|:

P: Foi fácil escrever as fórmulas a partir da nomenclatura?

E7: Foi, foi fácil sim.

P: Você já sabia de memória, ou o nome te deu alguma informação?

E7: O nome me deu informação, o nome e o estado físico para montar a equação, depois da montagem da equação foi só balancear.

As informações referidas no trecho da entrevista acima, foram evidenciadas após a análise das atividades de interpretação de |hexafluoreto de xenônio| e o |trióxido de xenônio| realizados por todos os licenciandos.

Como resultado de tais atividades, todos os licenciandos traduziram |hexafluoreto de xenônio| e o |trióxido de xenônio| para as respectivas fórmulas empíricas:  $|\text{XeF}_6|$  e  $|\text{XeO}_3|$ . As atividades ora citadas podem ser comprovadas com os trechos das entrevistas abaixo:

P: Você teve dificuldade para montar a equação? Por que o primeiro passo é montar as fórmulas das substâncias, não é? Teve alguma dificuldade nisso?

E2: Não porque hexa, seis né? Hexafluoreto, então eu imaginei  $\text{F}_6$ , xenônio, aí aquela questão, o flúor ele é realmente muito eletronegativo, então a gente aprende que, primeiro vem quem doa e depois vem quem recebe, essa é a ordem, então eu imaginei o flúor aqui  $\text{XeF}_6$ .

P: Você vai escrever o que?

E3: O trióxido de xenônio.

P: Como é que você chega nessa fórmula? Sabe de cabeça?

E3: Não.

P: Como faz, então?

E3: Tri é três, oxigênio e xenônio.

P: Você foi vendo o que no nome?

E3: Os elementos e quantidades.

P: A gente não tem as fórmulas, a gente tem os nomes das substâncias, mas você conseguiu a partir dos nomes montar as fórmulas, sem dificuldade?

E5: Consegui.

P: Mostra pra mim como é que você formou uma delas.

E5: Hexa que me remete a seis, fluoreto de xenônio.

P: Por que primeiro o xenônio depois o flúor?

E5: Porque geralmente a gente escreve o cátion depois o ânion.

Notamos que os licenciandos interpretaram os nomes sistemáticos denotando a composição elementar das substâncias, uma vez que sabiam que o nome da substância é engendrado dos nomes dos elementos que as constituem. Para o |hexafluoreto| significaram «presença do elemento flúor na composição da substância», já |trióxido| denotaram «presença do elemento oxigênio na composição da substância», e diante da expressão |xenônio| atribuíram o significado «presença do elemento xenônio na composição da substância».

Interpretaram, também, os prefixos multiplicativos |tri| e |hexa|, que os levou a denotar as quantidades dos elementos flúor e oxigênio, nas substâncias hexafluoreto de xenônio e trióxido de xenônio, respectivamente. Mas não fizeram referência aos sufixos modificadores |ido| e |eto|, mais uma vez.

Diante dos significados evidenciados por meio da análise das atividades de interpretação de |hexafluoreto de xenônio| e |trióxido de xenônio| e tradução para |XeF<sub>6</sub>| e |XeO<sub>3</sub>| propostas por todos os licenciandos, elaboramos as respectivas árvores componenciais (Quadro 29):

|hexafluoreto de xenônio| — [ms: |hexa|+|flúor|+|xenônio|, com prefixos multiplicativos] — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ3] — substância composta pelos elementos flúor e xenônio, nas quantidades de 6 flúor e 1 xenônio ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, com índices numéricos] — |XeF<sub>6</sub>|.

|trióxido de xenônio| — [ms: |tri|+|óxido|+|xenônio|, com prefixos multiplicativos] — «substância química» — *cont.* [EnunciadoQ3] — substância composta pelos elementos oxigênio e xenônio, nas quantidades de 3 oxigênio e 1 xenônio ↔ «fórmula química» — [ms: dois símbolos de elementos, com índices numéricos] — |XeO<sub>3</sub>|

Quadro 29: Atividades de interpretação de |hexafluoreto de xenônio| e |trióxido de xenônio| e tradução para |XeF<sub>6</sub>| e |XeO<sub>3</sub>| propostas por todos os licenciandos.

À vista dos significados atribuídos às expressões |hexafluoreto de xenônio|, |trióxido de xenônio|, |XeF<sub>6</sub>| e |XeO<sub>3</sub>|, consideramos que as atividades de interpretação e

tradução continuaram a contemplar o aspecto qualitativo, mas, pela primeira vez, o aspecto quantitativo da composição das substâncias também foi considerado, já que os prefixos multiplicativos |tri| e |hexa| foram interpretados. Tais expressões foram usadas para determinar as proporções relativas entre os elementos constituintes das substâncias.

Inferimos que o aspecto quantitativo recebeu maior atenção dos licenciandos, uma vez que, para a determinação da variação de entalpia padrão solicitada pelo problema 3, foi necessário a escrita da equação química que representava a reação em questão, já que era preciso determinar as quantidades de matéria das substâncias participantes, ou seja, seus coeficientes numéricos. Por sua vez, tais coeficientes, definidos no balanceamento, dependeram da escrita das fórmulas empíricas. Porém, os licenciandos continuaram a não interpretar os sufixos modificadores |ido| e |eto|.

À vista do exposto, os resultados apresentados evidenciam as possíveis relações de dependência entre as expressões |nome da substância| e |fórmula empírica| e os significados referentes à composição das substâncias, estabelecidas por estudantes de Licenciatura em Química. Relações que foram orientadas: pelos contextos definidos nos enunciados dos problemas químicos; pelas estratégias escolhidas pelos licenciandos para a resolução dos mesmos; pela familiarização com os signos químicos trabalhados decorrente da experiência como alunos e/ou como profissionais da área de química; pelo conhecimento químico apreendido; e o conhecimento acerca do código.

Os resultados obtidos a partir das análises das atividades de interpretação dos nomes triviais, semissistemáticos e sistemáticos estão apresentados no Quadro 30. Neste quadro, os tipos de nomes das substâncias estão diferenciados por cores: os triviais com a cor preta, os semissistemáticos em azul, os sistemáticos em verde, e de vermelho nomes propostos pelos próprios licenciandos. Essas cores foram, então, utilizadas para identificar qual o aspecto da expressão fora interpretado por cada licenciando e qual o tipo de nome da substância que foi tomado por ele como referência para essa interpretação. Quando determinado aspecto não fora atendido porque os licenciandos não interpretaram, deixamos o espaço em branco. E para sinalizar que certo aspecto não fora analisado porque não fazia parte do nome, preenchemos com a cor cinza.

Em síntese, a análise da interpretação dos nomes das substâncias, de uma maneira em geral, evidenciou que a grande maioria dos licenciandos não conseguiu identificar os elementos químicos constituintes das substâncias a partir da interpretação dos nomes triviais, dentre os oito licenciandos apenas um conseguiu fazer essa identificação. Os resultados acerca da identificação dos elementos constituintes das substâncias a partir de nomes

semissistemáticos ocorreu somente com nomes usados corriqueiramente pelos licenciandos, mas, diante dos menos conhecidos, tal identificação não foi realizada pela maioria dos licenciandos.

NOME	ASPECTOS	LICENCIANDOS							
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Cal Dihidróxido de cálcio Carbonato de cálcio*	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Ferrugem Trióxido de diferro(III) Óxido de ferro*	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Quartzo Dióxido de silício Óxido de silício*	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Ácido Muriático Cloreto de hidrogênio Ácido clorídrico	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Umidade do ar Água	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Fluoreto Argentoso Fluoreto de prata(I)	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Barita Cáustica Dihidróxido de bário	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Ácido Fluorídrico Fluoreto de hidrogênio	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Seleneto de zinco	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Hexafluoreto de xenônio	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								
Trióxido de xenônio	Elementos								
	Sufixo								
	Prefixo								

\*No caso específico do licenciando E1.

Quadro 30: Síntese dos resultados obtidos a partir das análises das atividades de interpretação dos nomes das substâncias.

No caso dos nomes sistemáticos, a identificação dos elementos constituintes das substâncias só ocorrerá para dois nomes dentre os dez que foram informados pelos enunciados ou por nós.

Especificamente, sobre a interpretação dos sufixos modificadores presentes nos nomes sistemáticos e semissistemáticos, constatamos que tais sufixos passaram despercebidos, isto é, os licenciandos não interpretaram tais sufixos. Quanto aos prefixos multiplicadores dos nomes sistemáticos os licenciandos somente os levaram em conta e os interpretaram quando os contextos, ou seja, os enunciados dos problemas requereram o aspecto quantitativo do conceito composição química.

Ao refletirmos sobre tais resultados, entendemos porque a maior parte das fórmulas empíricas das substâncias mencionadas nos enunciados dos problemas teve que ser informada para praticamente todos os licenciandos. Constatamos, também, que nas tentativas para obter as fórmulas empíricas das substâncias, alguns licenciandos usaram a regra dos coeficientes (ou da formulação). Embora tenham obtido sucesso, os licenciandos que utilizaram tal procedimento, não conseguiram explicar seus fundamentos. Entendemos que, esta forma de proceder exemplifica o uso de um código oriundo de um contexto pragmático de sala de aula. A apropriação desse código gerou um conjunto de convenções que foram aceitas, pelos licenciandos, no âmbito do ensino de química, produzindo novos significados que não foram previstos pelo código originalmente. Esse processo denominado de extracodificação, se caracteriza por ser uma atividade frágil e passageira por depender da “memória individual, da regra não explicitada e imprecisa, da convenção mal esboçada, do acordo tácito entre membros do grupo” (ECO, 2000, p.124).

Diante destes e de outros resultados que foram apontados no transcorrer do texto, inferimos que há indícios que apontam para a existência de problemas na apropriação dos nomes das substâncias por parte de uma maioria expressiva dos licenciandos. Tal fato nos deixa em alerta quanto ao ensino desse tipo de linguagem química, e, conseqüentemente, do signo composição química.

#### 2.4.4 Interpretação e tradução das fórmulas empíricas

A resolução dos problemas de química envolveu, também, as atividades de interpretação e tradução de fórmulas empíricas, além da interpretação e tradução dos nomes das substâncias. Como vimos na seção anterior, os licenciandos não usaram diretamente os

nomes das substâncias apresentados nos enunciados dos problemas; na realidade, de uma forma geral, os licenciandos recorreram sempre às fórmulas empíricas para propor soluções para os problemas.

Para analisar como os licenciandos em química participantes da pesquisa interpretaram as fórmulas empíricas e as traduziram para palavras da língua natural e da linguagem química, definimos, com base no referencial teórico, os seguintes aspectos: a) determinação dos elementos constituintes da substância; b) definição das proporções ou das quantidades entre os elementos; c) uso de normas (códigos e subcódigos) de escrita das fórmulas empíricas (eletronegatividade, caráter metálico dos elementos, não escrita do índice numérico 1).

Após a análise do conteúdo dos trechos das entrevistas, e da elaboração de árvores componenciais para as atividades de tradução e interpretação de cada fórmula, por cada licenciando, observamos dois padrões de interpretação que puderam ser representados por árvores componenciais gerais. Em outras palavras, os licenciandos variaram basicamente entre duas formas de interpretar e traduzir as fórmulas empíricas. Fórmulas estas que foram obtidas pela interpretação dos nomes das substâncias que estavam presentes nos enunciados dos problemas; ou que lhes foram informadas, quando não conseguiram interpretar os nomes das substâncias.

Elaboramos, então, duas árvores componenciais gerais ACG1 e ACG2. O Quadro 31 a seguir apresenta as fórmulas empíricas cujas atividades de interpretação e tradução foram representadas em cada uma dessas árvores:

	Fórmulas Empíricas					
ACG1	Ca(OH) <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	HCl	AgF	ZnSe
ACG2	Ba(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	XeO <sub>3</sub>	HF	XeF <sub>6</sub>	

Quadro 31: As árvores componenciais gerais e as fórmulas empíricas interpretadas.

Para as fórmulas |Ca(OH)<sub>2</sub>|, |SiO<sub>2</sub>|, |Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>|, |HCl|, |AgF| e |ZnSe|, os licenciandos E2, E4, e E6 teceram os seguintes comentários, que são semelhantes aos dos licenciandos E3, E7 e E8, durante à resolução dos problemas:

P: O que você visualizou aqui (aponta para a fórmula Ca(OH)<sub>2</sub>)?

E2: Os elementos e a ligação, por exemplo, Ca e OH, através desses dois eu consigo visualizar que aqui (aponta para a fórmula de Lewis) duas ligações covalentes e aqui (aponta para a fórmula de Lewis da ferrugem) eu vou ter três.

E4: Na letra C o ponto de fusão do AgF é maior do que o HCl. O átomo da prata é relativamente maior do que o do hidrogênio ligado ao cloro, então os elétrons de valência estão bem distantes do núcleo,

quando ele (aponta para o símbolo Ag na fórmula) está ligado no flúor, para romper essa ligação, quando eles estão ligados, ao meu ver precisa de menos energia.

E6: Aqui a gente teria ligação iônica (aponta para ZnSe), mas com forte caráter covalente, então nesse composto aqui (aponta para o seleneto de zinco) tem um forte caráter covalente, só que a ligação covalente aqui que estou me referindo é entre os átomos. Porém, apesar de ser um composto aparentemente iônico, metal-ametal, ele teria um forte caráter covalente, por que um forte caráter covalente? A gente tem aqui o zinco e o selênio, a diferença entre a energia de ionização é pequena, então essa diferença aqui é pequena (entre o Zn e Se) então a gente já pode prever que tem um forte caráter covalente.

E6: A interação entre SiO<sub>2</sub> e outro SiO<sub>2</sub> é covalente, não é intermolecular, isso não é uma molécula, é uma unidade de retículo cristalino covalente, né? Então a gente tem várias interações entre SiO<sub>2</sub> do tipo covalente.

Constatamos que, E2, E3, E4, E6, E7 e E8 usaram a diferença de intensidade das forças das ligações entre os átomos que constituem as substâncias como critério de comparação, para decidirem sobre qual substância tinha menor temperatura de fusão, nos itens A, B e C do problema 1.

O licenciando E1, por sua vez, só utilizou esse critério para comparar as substâncias ferrugem e cal (item “A”, do problema 1). Além disso, propôs equivocadamente, a fórmula |CaO<sub>3</sub>| como sendo a tradução de |cal|, como já foi visto na seção anterior (p.87). Mas, como sua interpretação foi semelhante aos outros licenciandos, como o trecho a seguir comprova, pudemos também representá-la por meio da ACG1:

E1: É eu diria que, o que tem temperatura de fusão mais baixa é o carbonato de cálcio, porque aqui (aponta para CaO<sub>3</sub>) tem ligações covalentes, e aqui é um óxido que tem ligações iônicas...tem ligações covalentes também, mas o óxido de ferro atinge temperaturas mais elevadas, então eu apontaria o carbonato de cálcio com menor temperatura de fusão.

As interpretações apresentadas nos trechos acima foram representadas por meio da árvore componencial geral 01 (ACG1) (Quadro 32):

|XpYq| — [ms: *n* símbolos de elementos] — «fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento X combinado com o elemento (ou grupo de elementos) Y — tipo de ligação entre X e Y.

Quadro 32: Atividades de interpretações de |Ca(OH)<sub>2</sub>|, |Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>|, |SiO<sub>2</sub>|, |HCl|, |AgF| e |ZnSe| pelos licenciandos E1, E2, E3, E4, E6, E7 e E8.



Para a expressão  $|\text{Ca}(\text{OH})_2|$ , por exemplo, poderíamos elaborar a árvore componencial apresentada no Quadro 33:

$|\text{Ca}(\text{OH})_2|$  — [ms: três símbolos de elementos] — «fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento cálcio combinado com o grupo hidroxila (composto por oxigênio e hidrogênio) — que interagem por ligações covalentes.

Quadro 33: Processo de interpretação de  $|\text{Ca}(\text{OH})_2|$  pelo licenciando E2, E3, E4, E6, E7 e E8.

Os licenciandos correlacionaram às expressões  $|\text{Ca}(\text{OH})_2|$ ,  $|\text{Fe}_2\text{O}_3|$ ,  $|\text{SiO}_2|$ ,  $|\text{HCl}|$ ,  $|\text{AgF}|$  e  $|\text{ZnSe}|$ , os significados qualitativos: «substância composta pelo elemento X combinado com Y», a partir do qual conotaram «tipos de ligações entre X e Y»:

P: Que tipo de ligação esses compostos fazem?

E7: São ligações iônicas...

P: Por que você sabe que é iônica? Você está lendo isso nas fórmulas?

E7: Das fórmulas...

P: Como é que você chega a essa conclusão?

E7: Eu acho que... pelas espécies mesmo, pelos átomos que estão presentes em cada fórmula.

A tendência de relacionar as fórmulas empíricas com o conteúdo ligação química é comum entre os licenciandos. Durante a entrevista, questionamos sobre como lhes ensinaram a elaborar uma fórmula química, e E3, E4 e E8, por exemplo, responderam que aprenderam durante o estudo acerca das ligações químicas.

Já o aspecto quantitativo da composição das substâncias não foi correlacionado às expressões  $|\text{Ca}(\text{OH})_2|$ ,  $|\text{Fe}_2\text{O}_3|$ ,  $|\text{SiO}_2|$ ,  $|\text{HCl}|$ ,  $|\text{AgF}|$  e  $|\text{ZnSe}|$ . As árvores componenciais dos Quadros 32 e 33 evidenciam a ausência de marcas semânticas que estão relacionadas aos significados quantitativos como: a indicação da presença, ou não, de índices numéricos; e o uso de parênteses.

A falta de referência ao aspecto quantitativo da composição das substâncias pode estar relacionada ao fato de que o emprego dos tipos de ligação química requer a interpretação das fórmulas em termos da diferença de eletronegatividade, que está vinculada ao tipo de ligação, e não, à quantidade dos átomos.

Nesses sentidos, o modo de resolver a questão por ligação química torna-se uma circunstância de significação, na qual se emprega o subcódigo da eletronegatividade, ou da identificação do caráter metálico dos elementos.

Contudo, constatamos que os licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8, em momento algum da resolução dos problemas e das entrevistas fizeram declarações acerca da eletronegatividade, ou do caráter metálico dos elementos para a determinação do tipo de

ligação, no transcorrer das atividades de interpretação das fórmulas empíricas, no caso de compostos binários. Não houve registros de definição de que tal elemento seria mais eletronegativo, ou o menos eletronegativo entre os constituintes das substâncias.

Já o trecho da entrevista do licenciando E6 abaixo demonstra que tais subcódigos podem ter sido usados por ele:

E6: Quando a gente lê uma fórmula de um composto inorgânico, a gente sabe que sempre o mais eletronegativo vem na extremidade direita, é um critério de eletronegatividade. Tem também, que na composição de um composto iônico, convencionalmente o metal vem primeiro depois o ametal, mas assim, a gente vem seguindo esse critério da eletronegatividade, maior eletronegatividade fica na extremidade direita.

Tal conhecimento, também foi exposto por E1 ao declarar durante a entrevista que esta foi uma das regras que aprendeu ao cursar o ensino técnico:

E1: É...que o elemento mais eletronegativo vem à direita; que nos óxidos o oxigênio tem número de oxidação -2, no peróxido o oxigênio é -1...

Portanto, para as árvores que representam as interpretações de E1 e E6, poderíamos acrescentar esse significado que foi correlacionado pelos mesmos às fórmulas empíricas em discussão. Sendo assim, a ACG1(Quadro 34) ficaria:

$[XpYq]$ — ms: fórmula química composta por  $n$  símbolos de elementos—«fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1]— substância composta pelo elemento X combinado com o elemento (ou grupo de elementos) Y, sendo X menos eletronegativo que Y — tipo de ligação entre X e Y.

Quadro 34: Atividades de interpretações de  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ,  $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ ,  $[\text{SiO}_2]$ ,  $[\text{HCl}]$ ,  $[\text{AgF}]$  e  $[\text{ZnSe}]$  pelos licenciandos E1 e E6.

Por exemplo, para a expressão  $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$  teríamos a seguinte interpretação realizada por E1 e E6 (Quadro 35):

$[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ — ms: dois símbolos de elementos—«fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1]— substância composta pelo elemento ferro combinado com o elemento oxigênio, sendo o ferro menos eletronegativo que o oxigênio — tipo de ligação iônica.

Quadro 35: Atividades de interpretações de  $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$  pelos licenciandos E1 e E6.

Todavia, uma outra estratégia foi usada por E1 para resolver os itens “B” e “C” do problema 1. Dessa vez a massa molar foi usada como critério de comparação entre os pares das substâncias propostos nesses itens.

Esse mesmo critério foi utilizado por E5 para resolver todos os itens do problema 1:

P: Então você pode dizer que para resolver a questão você foi fazer o cálculo da massa molar?

E5: Isso.

P: Para fazer o cálculo da massa molar você precisou das fórmulas por causa de duas coisas, para saber quais as espécies envolvidas e a ...

E5: Quantidade.

P: Quantidade de cada uma delas, então essas duas informações vêm das fórmulas?

E5: Sim.

P: Você usou o critério da massa molar para todos os itens A, B e C?

E5: Sim.

Ao decidirem por usar como critério o valor da massa molar, E1 e E5 realizaram outro tipo de interpretação para as fórmulas  $Ca(OH)_2$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $HCl$ ,  $AgF$  e  $ZnSe$ . Essa nova forma de interpretação pode ser comprovada nos trechos abaixo:

P: Para o cálculo da massa molar, que tipo de informação você tirou da fórmula?

E1: O número de elementos, a quantidade deles.

E5: O que eu vi nas fórmulas que me fez pedir a tabela? (pausa pensando) Elas ainda não dizem tudo...

P: Sim, mas dizem o que?

E5: Dizem o que está presente em cada substância, aqui o cálcio, sua quantidade e o valor da massa do cálcio.

[...]

E5: Porque são 3 oxigênios que aparecem na fórmula  $Fe_2O_3$ .

P: Então essa é outra informação que a fórmula lhe dá? Além de lhe dizer as espécies, vai lhe dizer também...

E5: A quantidade de repetição dela.

Para as interpretações das expressões  $Ca(OH)_2$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $HCl$ ,  $AgF$  e  $ZnSe$  elaboramos a árvore componencial geral 2 (Quadro 36):

$X_pY_q$  — [ms:  $n$  símbolos de elementos] — «fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento X combinado com o elemento Y, nas quantidades:  $p$  de X e  $q$  de Y.

\*No caso específico de E1 seria para  $CaO_3$  e não para  $Ca(OH)_2$ .

Quadro 36: Árvore componencial geral 2 representando as interpretações de  $Ca(OH)_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $HCl$ ,  $AgF$  e  $ZnSe$  pelos licenciandos E5 e E1\*.

Se a interpretação fosse para a expressão  $SiO_2$  poderíamos elaborar a árvore componencial apresentada no Quadro 37:

$SiO_2$  — ms: dois símbolos de elementos — «fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento silício combinado com o elemento oxigênio, nas quantidades: 1 silício e 2 oxigênios.

Quadro 37: Árvore componencial representando a interpretação de  $SiO_2$  pelo licenciando E5 e E1.

Embora, E1 tenha proposto equivocadamente a fórmula  $|\text{Zn}_2\text{Se}|$ , para o seleneto de zinco, diferentemente de E5, a interpretação foi semelhante, por isso usamos, também, a ACG2 para representar tal processo. Além disso, precisamos incluir nas árvores componenciais referentes às interpretações de E1, seu conhecimento acerca da eletronegatividade dos elementos.

A interpretação para  $|\text{Zn}_2\text{Se}|$  realizada por E1 poderia ser, então, representada pela seguinte árvore componencial (Quadro 38):

$|\text{Zn}_2\text{Se}|$  — ms: dois símbolos de elementos, com índices numéricos — «fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1]— substância composta pelo elemento zinco combinado com selênio, sendo o zinco menos eletronegativo que o selênio, na quantidade de 2 zínco e 1 selênio.

Quadro 38: Processo de interpretação de  $|\text{Zn}_2\text{Se}|$  pelos licenciando E1.

As árvores ora apresentadas possibilitam que os significados correlacionados às expressões:  $|\text{Ca}(\text{OH})_2|$ ,  $|\text{SiO}_2|$ ,  $|\text{Fe}_2\text{O}_3|$ ,  $|\text{HCl}|$ ,  $|\text{AgF}|$  e  $|\text{ZnSe}|$ , pelos licenciandos E1 e E5, sejam evidenciados. Notamos que o aspecto qualitativo da composição das substâncias foi considerado, uma vez que denotaram dos símbolos dos elementos químicos: «a presença dos elementos X e Y que constituem as substâncias».

Outro significado atribuído foi: «quantidade de X e de Y», a partir da interpretação dos índices numéricos subscritos ao lado direito de cada símbolo. Porém, tal significado só poderia ser atribuído àquelas fórmulas que representassem as substâncias cujos constituintes fossem moléculas, isto é, no caso de  $|\text{HCl}|$ . Para as fórmulas  $|\text{Ca}(\text{OH})_2|$ ,  $|\text{SiO}_2|$ ,  $|\text{Fe}_2\text{O}_3|$ ,  $|\text{AgF}|$  e  $|\text{ZnSe}|$ , que são representações de substâncias compostas por retículos tridimensionais indeterminados o significado atribuído deveria ser «proporção de p: q de X em relação a Y».

Porém, tal distinção não foi levada em conta pelos licenciandos E1 e E5. Isto pode ter ocorrido devido aos licenciandos, não terem pensado em definir o tipo de constituinte das substâncias — átomos, íons, moléculas, retículos — antes de concluir se os índices numéricos denotavam «quantidade» ou «proporção». O trecho da entrevista com E5, abaixo, por exemplo, demonstra que esse licenciando considerou que todas as substâncias, enunciadas no problema 1, eram constituídas por moléculas e, sendo assim, vinculou a todas às fórmulas o significado «quantidade de X e de Y» :

P: Você buscou o que nas fórmulas?

E5: Pelo número... eu busquei encontrar a massa, e pela massa da molécula, eu saberia dizer qual é que tem ponto de fusão mais baixo.

P: Mas você não confiou nessa informação

E5: Não, porque mais um parâmetro para a gente saber o ponto de fusão é a análise da interação intermolecular, e eu não sabia se as

interações, é... se as moléculas seriam o fator determinante que poderia anular o efeito da massa. [Grifo nosso].

A correlação entre as fórmulas empíricas e os significados «quantidade» ou «proporção» poderia ter sido orientada pelo subcódigo da eletronegatividade. E1 e E5 poderiam ter avaliado, por exemplo, se as fórmulas representavam compostos iônicos, covalentes ou moleculares. Porém, embora E1 tivesse conhecimento sobre tal subcódigo, como demonstrou anteriormente, não fez uso do mesmo. E o licenciado E5 não nos forneceu indícios sobre seu conhecimento acerca da diferença de eletronegatividade entre os elementos constituintes das substâncias representadas.

Ainda acerca do aspecto quantitativo, E1 e E5 interpretaram a ausência de índices numéricos de acordo com a norma de escrita das fórmulas empíricas, que orienta que quando os índices numéricos forem iguais a 1 (um), estes não devem ser escritos. Isto pode ser observado nas árvores componenciais dos Quadros 37 e 38, por exemplo.

À vista do exposto, notamos que a escolha da estratégia para a resolução do problema 1, que envolvia as substâncias cujas fórmulas empíricas eram  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $|\text{SiO}_2|$ ,  $|\text{Fe}_2\text{O}_3|$ ,  $|\text{HCl}|$ ,  $|\text{AgF}|$  e  $|\text{ZnSe}|$ , influenciou na interpretação dos licenciandos. Embora todos tenham contemplado o aspecto qualitativo da composição das substâncias representadas por tais fórmulas, somente E1 e E5, nas suas atividades de interpretação, consideraram o aspecto quantitativo da composição das substâncias. Um fator de diferenciação nas interpretações foi o uso dos subcódigos da eletronegatividade, e/ou do caráter metálico dos elementos constituintes das substâncias, apenas pelos licenciandos E1 e E6, o que engendrou árvores componenciais distintas. Inferimos que este comportamento particular decorre das experiências profissionais desses licenciandos no campo da indústria e no âmbito da educação básica.

Os resultados apresentados até este momento da nossa análise pareciam indicar que a maioria dos licenciandos não contemplaria o aspecto quantitativo da composição das substâncias. Porém, a análise das atividades de interpretação de um outro grupo de fórmulas empíricas como:  $|\text{Ba}(\text{OH})_2|$ ,  $|\text{H}_2\text{O}|$ ,  $|\text{XeO}_3|$ ,  $|\text{HF}|$  e  $|\text{XeF}_6|$ , presentes nos problemas 2 e 3, apontou em outra direção.

A seguir apresentamos os trechos de entrevistas dos licenciandos E3, E6, E7 e E8, semelhantes às falas dos licenciandos E1, E2, E4 e E5, que serviram de unidade de análise para o processo de interpretação das expressões  $|\text{Ba}(\text{OH})_2|$ ,  $|\text{H}_2\text{O}|$ ,  $|\text{XeO}_3|$ ,  $|\text{HF}|$  e  $|\text{XeF}_6|$ :

P: Como é que faz o balanceamento?

E3: Se aqui ( $\text{XeF}_6$ ) tem seis flúor, tem que ter seis flúor aqui (coloca o número seis à frente da fórmula do HF). Então, se fica com seis aqui

(HF) preciso de seis hidrogênios aqui (coloca o número três à frente de H<sub>2</sub>O). Aqui eu tenho 3 oxigênios do XeO<sub>3</sub> e três oxigênios da água, então está balanceada.

P: Da fórmula Ba(OH)<sub>2</sub> quais as informações que você usou?

E6: Da fórmula? Os índices, as quantidades de átomos, né? Que entrou no cálculo da massa molar.

P: Aqui (aponta para o seis antes do HF), por exemplo, esse seis não existia antes, ele foi posto no balanceamento, ele veio de onde?

E7: Esse seis veio do flúor presente nos reagentes, do XeF<sub>6</sub>.

P: Você diz que aqui (aponto para XeF<sub>6</sub>) tem seis flúor?

E7: Isso.

P: Então olhando para fórmula você vê a quantidade de flúor nos reagentes e vai verificar a quantidade de flúor nos produtos? Aqui (aponto para HF) no caso, antes de colocar o coeficiente, tinha quantos flúor?

E7: Um só.

P: A partir da fórmula você soube o que?

E8: Que tinha os elementos, que tinha o bário e que tinha o OH.

P: E por que aqui está repetido 17 e 17?

E8: Porque, no caso, eu somei 16 do oxigênio mais 1 do hidrogênio, 17 como são dois OH a partir da fórmula Ba(OH)<sub>2</sub> aí eu coloquei 17 duas vezes.

Para as atividades de interpretação e tradução das fórmulas |Ba(OH)<sub>2</sub>|, |H<sub>2</sub>O|, |XeO<sub>3</sub>|, |HF| e |XeF<sub>6</sub>| realizados por todos os licenciandos, apresentamos no Quadro 39 a árvore componencial geral 2 (ACG2) que os representam:

|XpYq| — [ms: *n* símbolos de elementos, com índices numéricos] — «fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento X combinado com o elemento Y, nas quantidades de p de X e q de Y.

Quadro 39: Atividades de interpretações de |Ba(OH)<sub>2</sub>|, |H<sub>2</sub>O|, |XeO<sub>3</sub>|, |HF| e |XeF<sub>6</sub>| por todos os licenciandos.

Para exemplificar apresentamos no Quadro 40 abaixo a árvore componencial para a expressão |Ba(OH)<sub>2</sub>|:

|Ba(OH)<sub>2</sub>| — [ms: três símbolos de elementos, com índices numéricos, com parênteses] — «fórmula química» — *cont.* [EnunciadoQ1] — substância composta pelo elemento bário combinado com o grupo hidroxila (composto por um átomo de hidrogênio e um de oxigênio), na quantidade de 1 bário, 2 oxigênios e 2 hidrogênios.

Quadro 40: Processo de interpretação de |Ba(OH)<sub>2</sub>| por todos os licenciandos.

Notamos que todos os licenciandos denotaram «presença dos elementos X e Y», a partir da interpretação dos símbolos presentes nas fórmulas empíricas ora estudadas.

Também, todos os licenciandos correlacionaram o significado «quantidade de X e de Y» para a todas as expressões  $|\text{Ba}(\text{OH})_2|$ ,  $|\text{H}_2\text{O}|$ ,  $|\text{XeO}_3|$ ,  $|\text{HF}|$  e  $|\text{XeF}_6|$ , interpretando seus índices numéricos. Porém, esta foi a primeira vez que E2, E3, E4, E6, E7 e E8 contemplaram o aspecto quantitativo da composição das substâncias, o que não fizeram diante das fórmulas empíricas trabalhadas no problema 1.

Consideramos que, o aspecto quantitativo passou a ser contemplado nas interpretações de todos os licenciandos no problema 2, uma vez que, foi essencial para a determinação da massa molar da substância barita cáustica. Também foi relevante para o problema 3, o qual solicitava o cálculo da entalpia de formação de uma das substâncias da reação de hidrólise do hexafluoreto de xenônio. Os trechos das entrevistas abaixo, com E3 e E6, demonstram como os licenciandos relacionaram os contextos com os significados por eles atribuídos às fórmulas empíricas:

P: E quais foram as informações que você utilizou para calcular a massa molar?

E5: A quantidade de vezes que se repete a hidroxila eu vi pela fórmula...

P: Só a quantidade da hidroxila?

E5: E também pra saber a espécie química presente na barita cáustica.

P: Então você pegou cada espécie pela fórmula e depois...

E5: Cada quantidade que se repete, as duas coisas.

P: Então você está me dizendo que para o cálculo da entalpia, é preciso escrever a equação química, principalmente, porque eu preciso...

E6: Dos coeficientes.

P: Que representam o que?

E6: A quantidade de matéria em mol.

P: Mas, para fazer o balanceamento ...

E6: Eu preciso das fórmulas.

P: E da fórmula que informações você usa?

E6: Da fórmula a quantidade de átomos em cada molécula.

Todavia, a atribuição do significado «quantidade de X e de Y» para todas as fórmulas empíricas é problemática, já que algumas dessas fórmulas representam compostos que não são constituídos por moléculas, como é caso de  $|\text{XeF}_6|$  e  $|\text{XeO}_3|$ , que são retículos tridimensionais indeterminados. Neste caso, o significado correlacionado deveria ser «proporção relativa de p:q entre X e Y».

Contudo, consideramos que não houve por parte dos licenciandos uma preocupação prévia de distinguir os tipos de constituintes, a partir do subcódigo da eletronegatividade, para definir se os índices numéricos da fórmula deveriam denotar «quantidade de X e de Y» ou «proporção de p:q de X em relação a Y». Os licenciandos E1 e E6 conhecedores de tal

subcódigo, como já fora demonstrado, não o usaram para definir o tipo de composto (iônico, covalente ou molecular), ou o tipo de constituinte (retículo ou molécula) para então definir se atribuiriam «quantidade» ou «proporção». Já os licenciandos E2, E3, E4, E5, E7 e E8 não apresentaram oralmente ou por escrito informações que nos levasse a inferir algo sobre o uso de tal subcódigo.

Por sua vez, todos os licenciandos demonstram conhecer a norma que orienta que quando não houver índices numéricos subscritos aos símbolos dos elementos na fórmula empírica, isto deve significar «o número 1». O trecho da entrevista com o licenciando E2, exemplifica como todos os licenciandos fizeram uso de tal norma:

E2: Quando eu coloquei o seis aqui (à frente da fórmula HF) eu tô dizendo que tem seis de hidrogênio. Aí você faz 6x1 (aponta para o coeficiente 6 escrito à frente da fórmula HF e para o espaço abaixo e a direita do símbolo H na mesma fórmula). Aqui é como tivesse o número 1, entendeu?

À vista do exposto, constatamos que as interpretações foram, mais uma vez, influenciadas pelos contextos, isto é, pelos enunciados dos problemas 2 e 3, gerando uma variação entre os significados denotados para as fórmulas empíricas  $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ ,  $[\text{H}_2\text{O}]$ ,  $[\text{XeO}_3]$ ,  $[\text{HF}]$  e  $[\text{XeF}_6]$ , em comparação com os significados atribuídos ao grupo de substâncias enunciadas no problema 1. Para resolver o problema 1, às fórmulas serviram apenas para informar os tipos de átomos constituintes das substâncias, que por sua vez, serviram como indicadores dos tipos de ligação; não houve menção por parte da maioria dos licenciandos ao aspecto quantitativo da composição das substâncias envolvidas. Já nos problemas 2 e 3 os significados associados ao aspecto quantitativo foram essenciais para que todos licenciandos propusessem soluções. Nos chamou a atenção o fato dos licenciandos não discriminarem entre as expressões quais denotavam «quantidade dos elementos» e quais denotavam «proporção entre os elementos». Outro destaque foi o fato dos licenciandos não terem empregado o subcódigo da eletronegatividade no processo de interpretação das fórmulas acima mencionadas, mesmo por aqueles que o conheciam.

Os resultados obtidos das análises das atividades de interpretação das fórmulas empíricas estão apresentados no Quadro 41. Para cada uma das fórmulas interpretadas identificamos com um ponto (•) o elemento da expressão interpretado. Deixamos o espaço em branco quando determinado elemento da expressão não fora atendido. Diferenciamos a interpretação dos números em «proporção» e «quantidade», escrevendo nos espaços as letras “P” e “Q”, respectivamente.



Fórmulas	Elementos da expressão	Licenciandos							
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Ca(OH) <sub>2</sub> CaCO <sub>3</sub> *	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números					Q			
	Ordem escrita símbolos	•					•		
SiO <sub>2</sub>	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q				Q			
	Ordem escrita símbolos						•		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q				Q			
	Ordem escrita símbolos						•		
HCl	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q				Q			
	Ordem escrita símbolos						•		
AgF	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q				Q			
	Ordem escrita símbolos						•		
ZnSe	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q				Q			
	Ordem escrita símbolos						•		
Ba(OH) <sub>2</sub>	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
	Ordem escrita símbolos								
H <sub>2</sub> O	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
	Ordem escrita símbolos								
XeO <sub>3</sub>	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
	Ordem escrita símbolos								
HF	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
	Ordem escrita símbolos								
XeF <sub>6</sub>	Símbolos	•	•	•	•	•	•	•	•
	Números	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
	Ordem escrita símbolos								

\*No caso específico do licenciando E1.

Quadro 41: Resultados obtidos a partir das análises das atividades de interpretação das fórmulas empíricas.

Em síntese, quanto a interpretação das fórmulas empíricas, constatamos que todos os licenciandos interpretaram os símbolos químicos, identificando assim, os elementos químicos constituintes das substâncias representadas. Isto ocorreu para todas as fórmulas empíricas abordadas.

Um outro elemento da expressão [fórmula empírica] interpretados eram os números subscritos à direita dos símbolos químicos. Esta interpretação que foi claramente influenciada pelo contexto, isto é, pelos enunciados dos problemas, notamos que os números só foram considerados pelos licenciandos nos problemas que envolviam o cálculo da massa molar. Constatamos, também, que o significado atribuído aos números foi o mesmo para todas as fórmulas, o de quantidade de átomos dos elementos químicos presentes nas substâncias. Isto não implicaria em um problema conceitual se todas as substâncias representadas pelas fórmulas empíricas fossem constituídas por moléculas, porém algumas substâncias eram formadas por retículos tridimensionais indeterminados, nestes casos o significado adequado para os índices numéricos deveria «proporção entre os elementos».

Por fim a análise da interpretação da ordem de escrita dos símbolos químicos demonstrou que este aspecto da expressão não foi contemplado pela grande maioria dos licenciandos. Diante deste resultado, poderíamos pensar que os licenciandos não interpretaram tal aspecto por desconhecerem o significado por ele veiculado, mas não tivemos dados que comprovassem esta afirmativa. Contudo, é preciso considerar, que como os licenciandos se basearam nos contextos, definidos pelos enunciados dos problemas, e, também, pelas estratégias de resolução pensadas individualmente, para decidirem sobre quais aspectos das fórmulas empíricas seriam interpretados, inferimos que ao julgarem que os problemas não demandavam a comparação de eletronegatividade entre os elementos químicos constituintes das substâncias representadas pelas fórmulas empíricas, os licenciandos podem ter simplesmente decidido não interpretar o aspecto ordem dos símbolos dos elementos químicos.

Comparando os resultados das análises de interpretação e tradução para as expressões [nome das substâncias] e [fórmula empírica], constatamos que os licenciandos demonstraram maior capacidade de interpretar as fórmulas empíricas do que os nomes das substâncias. Isto explica porque a maioria dos licenciandos demonstrou incômodo com a ausência das fórmulas empíricas nos enunciados dos problemas, e porque todos empregaram exclusivamente as fórmulas para desenvolver as estratégias de resoluções dos problemas. Os resultados nos levam a pensar que, provavelmente, os licenciandos venham sempre ter êxito

ao utilizarem as fórmulas empíricas para comunicar as composições das substâncias, contudo, podem vir a ter problemas se o processo de comunicação envolver os nomes das substâncias.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazendo uma síntese dos resultados obtidos da análise semiótica do signo composição química, iniciamos com a constatação de que para a maioria dos licenciandos que participaram da nossa pesquisa, a função contraída entre as expressões |nome da substância| e |fórmula empírica| e os «significados referentes aos aspectos qualitativo e quantitativo da composição dos elementos», não apresentou o grau de dependência que esperávamos de estudantes de um curso de Licenciatura em Química. Inferimos que esta condição pode ser consequência da falta de conhecimento acerca dos códigos e subcódigos que orientam esta correlação, visto que os licenciandos não interpretaram os prefixos multiplicadores, os sufixos modificadores presentes nos nomes sistemáticos das substâncias; e a ordem dos símbolos químicos. Uma outra causa para tais resultados pode ser a falta de compreensão acerca das expressões e/ou dos significados, pois, quando não se compreende um desses fúntivos, também não se compreende bem o outro.

Constamos, também, que para os licenciandos as expressões |nome da substância| e |fórmula empírica| pressupõem a composição dos materiais, e vice-versa, embora dependam do contexto para denotar ora o aspecto qualitativo, ora o quantitativo, ou ora ambos. Identificamos problemas conceituais químicos que associamos às correlações entre expressões e significados estabelecidas por códigos tácitos e utilitários. E concluímos que a explicitação dos significados do conceito composição relacionados às expressões |nome da substância| e |fórmula empírica|; e a descrição das atividades de interpretação e tradução das expressões evidenciam as dificuldades e a insegurança dos licenciandos em química ao lidarem com o signo composição química.

Diante dos resultados obtidos, traçamos algumas considerações sobre possíveis efeitos da nossa pesquisa e seus resultados.

Pensando nas muitas expressões que foram criadas sócio e historicamente e que são empregadas para veicular conceitos químicos, além das que foram abordadas neste trabalho, acreditamos que essas expressões são suscetíveis à análise semiótica, que envolve as atividades de interpretação e tradução.

O conhecimento acerca da análise semiótica de signos químicos pode ampliar nossa capacidade, como pesquisadores e professores da área de ensino de química, de compreender que o emprego de signos químicos, envolve: (i) discriminação e identificação de elementos estruturadores — marcas semânticas — das expressões químicas; (ii) compreensão dos significados dos conceitos químicos veiculados pelas expressões químicas; (iii) conhecimento e aplicação de códigos, ou seja, de regras de significação que correlacionam expressões e significados dos conceitos químicos; (iv) consideração da influência do contexto e das circunstâncias em que os signos químicos são empregados; e (v) o desenvolvimento do grau de dependência entre expressões e significados dos conceitos químicos.

À medida que nos conscientizamos dos conhecimentos ora citados, isto é, ao nos apropriarmos de uma nova perspectiva acerca dos signos químicos por meios de lentes semióticas, passamos a refletir sobre a necessidade de mudanças na maneira de ensinar signos químicos, que é uma maneira de apresentarmos a cultura química como uma possibilidade de ver o mundo sob uma perspectiva específica. Além de planejar aulas sob esta nova orientação, por exemplo, podemos passar a avaliar o processo de desenvolvimento de signos químicos considerando o domínio do conhecimento acerca das expressões, dos significados, e dos códigos, pelos estudantes.

Fundamentados na análise semiótica proposta na nossa pesquisa, podemos pensar em usar árvores componenciais como instrumento de avaliação, uma vez que a elaboração de árvores componenciais explícita toda a estrutura de um signo químico: expressão, significados, marcas semânticas, códigos, contexto, circunstância.

Uma vez que estes aspectos se tornam evidentes, podemos refletir e decidir como devemos, por exemplo, ensinar aos estudantes como ocorre a correlação entre expressões e significados químicos, no intuito de fazer com que equívocos sejam contornados, propiciando o desenvolvimento do signo químico e levando o estudante a emprega-lo adequadamente. Usando o signo composição química para ilustrar nossa proposição, pensamos que um percurso de ensino sobre este signo envolveria o estudo: a) dos significados qualitativos e quantitativos da composição das substâncias; b) dos nomes das substâncias e das fórmulas empíricas, com destaque às suas respectivas marcas semânticas; c) os códigos que promovem a contração dos funtivos ora citados; e d) da origem histórica e social desses três aspectos do signo composição química.

No âmbito da pesquisa, especificamente, na área de ensino de química, pensamos que a partir da nossa pesquisa podemos ter desdobramentos, uma vez que apresentamos um referencial teórico e metodológico que julgamos ser capaz de propiciar novas análises acerca

de outros signos químicos, o que implica na possibilidade de conhecermos mais sobre as expressões, os conteúdos, e os códigos químicos elaborados sócio e historicamente. Além de possibilitar a análise de práticas pedagógicas que venham a incorporar os conhecimentos semióticos que abordamos.

## 2.6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO NETO, W. N. Estudo sobre a noção de representação estrutural na educação química a partir da semiótica e da filosofia da química. *Revista Virtual de Química*, v.4 (6), 2012.

ARAÚJO, Isabela R. Lima de; VIEIRA, Adriana da S.; CAVALCANTE, M<sup>a</sup> Auxiliadora da S. Contribuições de Vygotsky e Bakhtin na linguagem: sentidos e significados. *Debates em Educação*. V. 1, n. 2 Jul./Dez. 2009. Disponível em: <[www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao](http://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao)> Acesso em: out de 2012.

BRADLEY, J. D.; STEENBERG, E. Symbolic language in chemistry – a new look at an old problem. *Chemical Education International*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-29, 2008. Disponível: <<http://old.iupac.org/publications/cei/vol8/0801xSteenberg.pdf>> Acesso em agosto 2011.

BROWN, Theodore L.; LeMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. *Química central*. 7<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

CHANG, Raymond. *Química*. 5<sup>a</sup> ed. Portugal: McGraw-Hill, 1994.

CONNELY, Neil G. et al. Nomenclature of inorganic chemistry – IUPAC recommendations 2005. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. Available: <[http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red\\_Book\\_2005.pdf](http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf)> Accessed: March 3, 2015.

CROSLAND, Maurice P. *Estudios históricos em el lenguaje de la química*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.

ECO, Umberto. *O signo*. 3<sup>a</sup> ed. Lisboa: Editorial Presença, LDA., 1973.

\_\_\_\_\_. *Lector in fabula*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1986.

\_\_\_\_\_. *Tratado geral de semiótica*. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.

\_\_\_\_\_. *As formas do conteúdo*. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2010.

\_\_\_\_\_. *Quase a mesma coisa*. Rio de Janeiro: Edições BestBolso, 2011.

\_\_\_\_\_. *Os limites da interpretação*. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2015.

GARCÍA BELMAR, A.; BERTOMEU SÁNCHEZ, J.R. Lenguaje, ciencia e história: uma introducción histórica a la terminología química. *Alambique*, 17, pp. 20-37, 1998. Disponível em:

<[http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/24348/1/1998\\_GarciaBelmar\\_Bertomeu\\_Alambique.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/24348/1/1998_GarciaBelmar_Bertomeu_Alambique.pdf)>. Acesso em: janeiro de 2012.

GOIS, Jackson; GIORDAN, Marcelo. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. *Química Nova na Escola*, nº 7, pp.34-42, 2007.

- GOLD BOOK IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology - the Gold Book*, 2014. Disponível em: < <http://goldbook.iupac.org/index.html>>. Acesso em: dezembro de 2015.
- GONÇALVES, Fabiano B. Estudos de tradução e semiologia: as contribuições de Umberto Eco. *Organon*, nº 37, v.18, 2004. Disponível em < <http://seer.ufrgs.br/organon/issue/view/1733/showToc>>. Acesso em: dezembro, 2015.
- GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. W. Competing paradigms in qualitative research. In: N. K. DENZIN; Y. S. LINCOLN (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage, 1994. p. 105-117.
- HADDAD, Cecília Maria de S. L. D. *Módulo VII- Intoxicação por produtos de uso domésticos- Cáustico (álcalis e ácidos)*. Desenvolvido pelo Núcleo de Tecnologia Educacional para saúde da UFRJ, 2002. Disponível em: <http://lct-ead.nutes.ufrj.br/toxicologia/mVII.caus.htm>. Acesso em: abril de 2013.
- HARTLEY, Sir Harold. The place of Jons Jakob Berzelius (1779 – 1848) in the history of chemistry In: HARTLEY, Sir Harold. *Studies in the history of chemistry*. Oxford: Clarendon Press, 1971, cap. 5, p.134 -152.
- HJELMSLEV, Louis. *Prolegômenos a uma teoria da linguagem*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- HOFFMANN, Roald; LASZLO, Pierre. Representation in Chemistry. *Angewandte Chemie*. International Edition English. v.30, n.1 (1991) I-16. Disponível em: <[http://www.roaldhoffmann.com/sites/all/files/representation\\_in\\_chemistry.pdf](http://www.roaldhoffmann.com/sites/all/files/representation_in_chemistry.pdf).> Acesso em: jan. de 2011.
- HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco M. de Mello. *Minidicionário Houaiss da língua portuguesa*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008.
- JAFFE, Bernard. Berzelius a swede tears up a Picture book. In: JAFFE, Bernard. *Crucibles: The story of chemistry – from ancient alchemy to nuclear fission*. 4ª ed. New York: Dover Publications, INC., 1976, Cap. 8, p.100 – 115.
- JOVCHELOVITCH, Sandra. *Os contextos do saber: representações, comunidade e cultura*. Petrópolis: Vozes, 2008.
- KLEIN, Ursula. The creative power of paper tools in early nineteenth-century chemistry. In: *Tools and modes of representation in the laboratory sciences*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.13 – 34, 2001.
- LARA, Marilda L. G. de. O Unicórnio (o Rinoceronte, o Ornitorrinco...), a Análise Documentária e a Linguagem Documentária. *DataGramaZero - Revista de Ciência da Informação*, v.2, n.6, 2001. Disponível em:<[http://www.dgz.org.br/dez01/Art\\_03.htm](http://www.dgz.org.br/dez01/Art_03.htm)>. Acesso em abril de 2013.
- LASZLO, Pierre. *A palavra das coisas ou a linguagem da química*. Lisboa: Gradiva, 1995.
- LIMA, Maria Emilia C.C.; BARBOZA, Luciana C. Ideias estruturadoras do pensamento químico. *Química Nova na Escola*, nº 21, maio, 2005, p.39 a 43.
- LICHTMAN, M. *Qualitative research in educacion: a user´s guide*. Thousand Oahs: Sage, 2010.
- LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1999.

- LURIA, Aleksandr R. *Fundamentos de Neuropsicologia*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1981.
- LURIA, A. R. O cérebro humano e a atividade consciente. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A.R.; LEONTIEV, A.N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 11ª ed. São Paulo: Ícone, 2010, p. 191-228.
- MALDANER, Otávio Aloisio. *A formação inicial e continuada de professores de química*. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003, p.162 -165.
- MARTELLOTA, M. Eduardo (org.). *Manual de Linguística*. São Paulo: Contexto, 2010.
- MORRISON, R.; BOYD, R. *Química orgânica*. 9ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990.
- OKI, Maria da Conceição Marinho. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. *Química Nova*. 2009, vol.32, n.4, pp. 1072-1082.
- PAPP, Desiderio; PRÉLAT, Carlos. *Historia de los principios fundamentales de la química*. Buenos Aires: Espasa-calpe Argentina S.A., 1950.
- PEIRCE, Charles Sanders. *Semiótica*. 4ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2010.
- RHEINBOLDT, Heinrich. *A história da balança e a vida de J.J. Berzelius*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.
- ROZENBERG, I. M. Elementos de Química geral e inorgânica. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1973.
- TERRA, Ernani. *Linguagem, língua e fala*. 2ª ed. São Paulo: Scipione, 2008.
- TRIVIÑOS, A. N. SILVA. *Introdução à pesquisa em ciências sociais - A pesquisa qualitativa em Educação*. São Paulo: Atlas, 2007.
- VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2ª Ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009 (2001).
- VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- VIGOTSKI, L. S. *Teoria e método em psicologia*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.
- VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 11ª Ed. São Paulo: Ícone, 2010 (2001).
- WALTHER-BENSE, Elisabeth. *A teoria geral dos signos: introdução aos fundamentos da semiótica*. São Paulo: Editora Perspectiva, 2010.
- WARTHA, Edson J.; REZENDE, Daisy de B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.16(2), pp. 275-290, 2011.
- ZINGALES, Roberto. Nascita ed evoluzione del linguaggio chimico. *Quaderni di Ricerca in Didattica (Science)*, Itália, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://math.unipa.it/~grim/Nascita%20ed%20evoluzione%20del%20linguaggio%20chimico.pdf>> Acesso em: agosto de 2011.

### 3. ARTIGO II- O uso do conceito composição química

#### 3.1 INTRODUÇÃO

A experiência como professora de química no ensino médio por treze anos, e, atualmente como docente do curso de Licenciatura em Química, nos fez constatar que, de uma forma em geral, os estudantes demonstram insegurança sobre os significados que podem correlacionar com as fórmulas empíricas. Isto se transformou em uma inquietação, uma vez que as fórmulas químicas são relevantes como ferramentas psicológicas que nos fazem pensar e falar do mundo, na perspectiva da ciência química.

A preocupação com a apropriação dos signos químicos nos levou a tomar a decisão de analisar como licenciandos em química usam o signo composição química ao se relacionarem com substâncias envolvidas em problemas teóricos de química.

Desenvolvemos, então, uma pesquisa qualitativa, seguindo duas frentes de análise: (1) das atividades de interpretação e tradução das expressões do signo composição química; e (2) do emprego funcional do signo composição química.

A primeira frente de análise, cujos resultados foram apresentados em um outro artigo, tratou das atividades de interpretação e tradução das expressões do signo composição química, realizadas pelos alunos do curso de Licenciatura em Química. Para essa etapa da pesquisa, usamos como referencial teórico a teoria semiótica de Umberto Eco.

Como resultados, identificamos os significados de composição dos materiais associados, por estes estudantes, às expressões |nome das substâncias| e |fórmula empírica|. Evidenciaram-se, também, as dificuldades e a insegurança dos licenciandos em química ao lidarem com as expressões que compõem o signo composição química.

De fato, dentre os estudantes que participaram da nossa pesquisa, e que se encontravam em diferentes momentos do curso de Licenciatura em Química, constatamos uma variação de significados atribuídos às expressões nome da substância e fórmula empírica. Relacionamos esse resultado com as experiências de aprendizagem acerca do signo composição química, na educação básica, ou no nível técnico, ou na graduação, ou até na profissão que os licenciandos atuavam.

Tais fatos apontam a necessidade de que todos os envolvidos com o ensino intencional e sistematizado da composição química — pesquisadores, professores e futuros professores das áreas de química e ensino de química — compreendam como seus



significados qualitativos e quantitativos se desenvolvem, isto é, como se formam na consciência dos aprendizes em química, seja na educação básica, no ensino técnico, ou no superior. A final, os signos são ferramentas psicológicas sociais, já que são produtos da evolução sociocultural. Tais ferramentas, não são inventadas por cada indivíduo, nem são resultados da interação independente do indivíduo com o signo, e, por fim, não são herdadas como instintos ou reflexos incondicionais. Os signos são apropriados pelos indivíduos em interação social (WERTSCH, 1988).

A segunda frente de análise foi direcionada para o emprego funcional do signo, uma vez que esta é a questão central do processo de desenvolvimento de um conceito, e é o meio pelo qual os indivíduos orientam suas ações, quando solicitados a propor soluções para situações problemas que vivenciam (VIGOTSKI, 2009).

Neste artigo vamos, então, apresentar os resultados da análise sobre como os licenciandos em química empregaram o conceito composição química.

Os estudos da relação entre pensamento e linguagem, desenvolvidos por Vigotski e colaboradores, foram os fundamentos teóricos que embasaram essa segunda etapa da investigação. A definição de critérios para avaliar o uso funcional dos signos foi pautada na concepção de medida de generalidade, nas estruturas de generalização e nas funções da linguagem, conhecimentos da psicologia histórico-cultural propostos por Vigotski.

A investigação envolveu estudantes do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal da Bahia. A escolha por possíveis futuros professores de química decorreu da nossa percepção de que a dificuldade em usar os signos químicos citados acima é um problema que os acompanha desde a educação básica, e que, não havendo interferência na graduação, isto termina por gerar um ciclo vicioso, pois, estes irão formar outras gerações com a mesma dificuldade.

### 3.2 O EMPREGO FUNCIONAL DO CONCEITO COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Na busca por analisar o uso do conceito composição química, precisamos definir um conjunto de aspectos que pudessem nos orientar.

Ao aprofundarmos nosso conhecimento sobre os estudos acerca da relação entre pensamento e linguagem realizados por Vigotski (2009), encontramos a concepção de medida de generalidade do conceito, que surge da necessidade de caracterização da relação entre

conceito e objetos, e de identificar a existência de relações de generalidade desse conceito com outros conceitos, formando um sistema.

Outros conhecimentos que utilizamos como fontes de critérios para analisar o uso do conceito composição química foram acerca das estruturas de generalização e das funções da linguagem relacionadas aos estados inicial e superior do desenvolvimento psíquico humano.

### 3.2.1 Formação de conceito e medida de generalidade

Compreender o emprego dos conceitos requer certo conhecimento acerca do curso do seu desenvolvimento. Dividido em três fases, o processo tem a primeira fase caracterizada pelo pensamento sincrético. Nesta fase, as generalizações são articulações sincréticas que surgem das conexões subjetivas estabelecidas com base na percepção dos objetos pelas crianças de tenra idade.

A segunda fase do curso do desenvolvimento dos conceitos é a formação de complexos. Pensar por meio de generalizações do tipo complexo<sup>22</sup>, de uma maneira em geral, envolve: a formação de conexões; o estabelecimento de relações entre diferentes impressões concretas; a união e generalização de objetos distintos; o ordenamento e a sistematização parcial da experiência da criança.

No pensamento por complexos, as generalizações são criadas a partir do agrupamento de objetos que possuem atributos comuns que os identificam. Tais generalizações são, então, fundamentadas em relações objetivas dependentes da experiência sensorial-concreta. Contudo,

os vínculos se transformam imperceptivelmente uns nos outros, assim como imperceptivelmente se modificam o caráter e o tipo desses vínculos. Frequentemente, a semelhança distante, o mais superficial contato entre os traços acaba sendo suficiente para a formação de um vínculo fatural. A aproximação dos traços é estabelecida amiúde não tanto com base em sua efetiva semelhança quanto na impressão vaga e distante de certa identidade entre eles (VIGOTSKI, 2009, p.188).

Nesta fase, a criança pensa por meio de nomes, pois o universo dos objetos singulares se integra e se organiza ao se agrupar em famílias distintas relacionadas entre si. É

---

<sup>22</sup> Foram identificados por Vigotski (2009) cinco tipos de complexos, ou subestágios: associativo, coleção, cadeia, complexos difusos e pseudoconceito.

o momento em que os significados das palavras podem ser definidos como nomes dos objetos agrupados.

Uma criança que tem a experiência de conviver com cachorros, por exemplo, aprende a chamá-los de “au au”. Ao se deparar pela primeira vez com um gato, a criança percebe que entre esses animais existe um atributo em comum: ambos possuem quatro patas, portanto, podem ser colocados em um mesmo grupo, ou seja, ambos passam a ser chamados de “au au”.

Em síntese o pensamento por complexos se caracteriza por:

ausência de unidade dos vínculos, de hierarquia, o caráter concreto dos vínculos que lhe servem de base, a relação original entre o geral e o particular e vice-versa, a relação original entre os elementos particulares bem como toda a lei de construção da generalização aparecem diante de nós em toda sua originalidade, em toda a diferença profunda que a distingue de outros tipos inferiores e superiores de generalização (VIGOTSKI, 2009, p.199).

Todavia, pensar por complexos não é exclusivo das crianças, já que a linguagem dos adultos conserva reminiscências do pensamento por complexos. Na linguagem dos adultos, qualquer nome (expressão, rótulo, etiqueta), pode implicar em um agrupamento de objetos singulares semelhantes aos grupos formados pelo pensamento infantil. Vários adultos apresentam dificuldades de pensar sobre objetos em sua ausência, por exemplo, estudantes que não conseguem planejar uma experiência de laboratório sem dispor dos equipamentos à mão.

Na terceira fase do curso do desenvolvimento dos conceitos, encontramos outra forma de pensar: o pensamento por conceitos. Isto quer dizer que deixamos de usar os complexos — agrupamentos de objetos definidos a partir da experiência sensorial-concreta representados por um nome —, como o elemento mediador que nos faz perceber e atribuir algum sentido à realidade que nos rodeia, e passamos a usar o conceito.

As imagens e conexões do pensamento por complexos e, a capacidade adquirida de distinguir uma série de atributos gerais dos objetos, engendram uma nova síntese, ou seja, o estabelecimento de novas relações entre estes novos atributos. Essa síntese abstrata converte-se em conceito, a forma fundamental do pensamento adulto.

É a partir da adolescência, período de transição e amadurecimento do pensamento, que as formas de pensamento sincrético e por complexos são gradualmente colocadas em segundo plano, conceitos ditos potenciais são cada vez mais raros e os verdadeiros conceitos tornam-se mais frequentes.

Contudo, não nos apropriamos dos conceitos de forma instantânea, sua formação é um processo que requer tempo e condições, pois os conceitos não são

como uma fotografia coletiva de objetos concretos; neste caso, o cérebro não atua à semelhança de uma máquina fotográfica que faz tomadas coletivas, e o pensamento não é uma simples combinação dessas tomadas; ao contrário, os processos de pensamento, concreto e eficaz, surgem antes da formação dos conceitos e estes são produto de um processo longo e complexo de evolução do pensamento infantil (VIGOTSKI, 2009, p.236).

Ao investigar como os conceitos são formados, Vigotski introduz a noção de medida de generalidade do conceito, com o objetivo de caracterizar “o momento primeiro e fundamental em qualquer funcionamento de qualquer conceito, assim como na vivência do conceito” (Ibidem, p.367).

Todavia, antes de apresentarmos a concepção de medida de generalidade, pensamos ser preciso apresentarmos alguns pressupostos que seguimos para definir a relação que estabelecemos entre os termos: palavra, signo, conceito e significado, presentes nas obras de Vigotski.

Nas obras de Vigotski que estudamos encontramos os termos: palavra, signo, conceito e significado. Diante do uso impreciso dos mesmos pelo autor, o que algumas vezes gerou dificuldade de compreensão por nossa parte, buscamos estabelecer algumas relações entre estes termos, no intuito de organizar nossas ideias.

Na perspectiva vigotiskiana a palavra que, muitas vezes parece ser capaz de agir como signo, é — assim como as fórmulas empíricas, um gesto, um desenho—, na realidade, um tipo de expressão de signos. A afirmativa de que a palavra é ao mesmo tempo expressão e significado, passa a ter sentido se considerarmos que isto ocorre na medida em que a palavra exerce a tarefa de veicular os significados constituintes de um conceito, tornando-os perceptíveis àqueles a quem as expressões foram dirigidas.

Esses mesmos significados, na teoria dos códigos de Umberto Eco (2000), foram chamados de conteúdos, ou unidades culturais. Tais significados ao serem correlacionados a expressões — sob orientação de um código (regras de significação) —, contraem a função sógnica que Eco denomina de signo.

Signo este que, na concepção de Vigotski, é elemento artificial de mediação entre os seres humanos e tudo que constitui o mundo exterior: objetos, fenômenos etc. Cabe ao signo a tarefa de “organizar a operação psíquica” (VYGOTSKY; LURIA, 1974, p. 144) humana. Dentre os processos psíquicos que participam das operações psíquicas humanas, destacamos o pensamento.

Recorremos ao pensamento para entendermos o que são, e/ou para que servem os objetos e os fenômenos que nos rodeia. Podemos pensar de maneira sincrética; por meio de complexos; e por meio de conceitos (estruturas de generalização).

O conceito,

em sua forma natural e desenvolvida, pressupõe não só a combinação e a generalização de determinados elementos concretos da experiência mas também a discriminação, a abstração e o isolamento de determinados elementos e, ainda, a habilidade de examinar esses elementos discriminados e abstraídos fora do vínculo concreto e fatural em que são dados na experiência (VIGOSTKI, 2009, p. 220).

O excerto acima, nos faz compreender que um conceito não é somente a síntese abstrata de atributos sensíveis, mas, também de atributos não sensíveis, isto é, de significados que são discriminados e identificados a partir das experiências não diretas dos sujeitos com objetos e fenômenos.

Uma vez que o pensamento por conceito torna o ser humano capaz de compreender a realidade para além do que o cerca, compreendemos que o conceito exerce o papel de elemento mediador entre os sujeitos e o mundo exterior, agindo, portanto, como um signo. Contudo, o conceito é um tipo particular de signo, por diferir dos demais ao apresentar significados com elevado grau de abstração e generalidade.

Portanto, em síntese, neste trabalho, conceito é um tipo de signo, ou seja, é função signica contraída na correlação estabelecida, sob orientação de regras de significação (códigos), entre expressões e significados com elevado grau de abstração e generalidade.

Uma vez apresentados os pressupostos que explicam porque consideramos conceito como signo, neste trabalho, podemos abordar a concepção de medida de generalidade do conceito.

Dentre os parâmetros que foram indicados para avaliar as mudanças da atividade mental no processo de ensino e, em particular, nos processos de domínio dos conceitos estão: medida de generalidade dos conceitos, qualidade de generalização dos conceitos, grau de abstração e grau de incorporação destes ao sistema de relações conceituais (NUÑEZ, 2009).

A medida de generalidade do conceito foi proposta a partir da compreensão de que não existem conceitos isolados. Os conceitos compõem sistemas, nos quais estão vinculados por relações de generalidade.

A fim de apresentar a ideia de medida de generalidade de um conceito, Vigotski (2009) recorre à metáfora do globo terrestre, na qual, a superfície do globo simboliza a realidade (ou parte da realidade) e cada ponto da superfície corresponde a um conceito, entendendo a realidade como representada por um grande sistema de conceitos. Em um dos

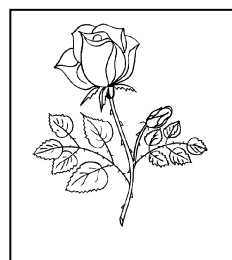
polos do globo, encontramos o pensamento que usa estruturas de generalização que são captadas pelo contato direto e sensível do objeto; no polo oposto temos o pensamento por meio de conceitos extremamente abstratos, de máxima generalização.

Nesta perspectiva, um conceito pode ser analisado pelo conjunto de coordenadas dadas em medidas de longitude e de latitude<sup>23</sup>, tal qual fazemos para localizar um ponto qualquer na superfície do globo terrestre.

A latitude de um conceito se refere à sua posição entre os polos de máxima generalidade e máxima concretude. Na relação que se estabelece entre o conceito e objeto nele representado, é possível encontrar diferentes planos entre um pensamento que usa a palavra como se esta fizesse parte do objeto (pensamento mais específico, concreto), e um pensamento cujo conceito se encontra completamente isolado do objeto (pensamento mais geral, abstrato).

Para determinar a latitude do conceito, é preciso caracterizar a forma como o conceito se relaciona com o objeto e, conseqüentemente, a natureza do ato de pensamento. Se a captação do objeto decorre da captação “imediate, sensorial e direta do objeto” (VIGOTSKI, 2009, p.364), e se são discriminados somente atributos sensíveis (cor, cheiro, tamanho, textura, dentre outros), o pensamento será do tipo concreto — pensamento por meio de articulações sincréticas, ou por complexos. O oposto se dá quando a relação com o objeto se basear na máxima generalização e abstração, que implica na discriminação e síntese de atributos sensíveis, mas, também, dos não sensíveis, ou seja, o conceito “não se refere ao seu objeto diretamente, mas de forma mediatizada por outros conceitos” (Ibidem, p.358).

A coordenada latitude, portanto, caracteriza a natureza do ato de pensamento, da amplitude ou abrangência acerca de um objeto, isto é, avalia o quanto de atributos sensíveis e/ou não sensíveis do objeto estão representados no conceito. Por exemplo, diante da imagem a seguir (Figura 01) um sujeito pode pensar em: planta, flor e rosa.



PLANTA (pensamento mais geral, **abstrato**)  
 ou |  
FLOR  
 ou |  
ROSA (pensamento mais específico, **concreto**)

Figura 1: Relação entre objeto e o grau de generalidade do pensamento.

<sup>23</sup>Em termos geográficos, latitude é a medida do ângulo entre o plano do equador e a superfície de referência para norte ou para sul do equador. Longitude é medida do ângulo de leste ou para oeste a partir do plano que passa pelo meridiano de Greenwich.

Analisando a relação de generalidade entre os conceitos PLANTA<sup>24</sup>, FLOR e ROSA, se o sujeito pensa por meio do conceito PLANTA, seu pensamento será mais abstrato, do que se pensasse por meio do conceito ROSA que, na realidade, é um pensamento menos abstrato do que os outros dois. Dizer que o pensamento por meio do conceito PLANTA é mais abstrato, significa que o sujeito discriminou e abstraiu mais atributos não sensíveis do objeto, se comparado com o pensamento por meio do conceito ROSA. Neste caso, os conceitos PLANTA, FLOR e ROSA apresentam latitudes diferentes dentro de um mesmo sistema conceitual.

Uma vez inserido num sistema, um conceito pode se encontrar relacionados a outros conceitos subordinados e supraordenados. Quanto menor o grau de abstração de um conceito menor a amplitude do mesmo, isto é, menor a quantidade de outros conceitos que podem ser usados para explicá-lo. Em contrapartida, quanto maior o grau de abstração de um conceito, maior a quantidade de outros conceitos relacionados, subordinados ou supraordenados que podem ser usados para explicá-lo. No exemplo apresentado acima, nota-se que se o sujeito pensa PLANTA, podemos subordinar a esse conceito, os outros dois — FLOR e ROSA—, que são formas mais específicas de expressá-lo. Mas, caso se pense no conceito menos abstrato ROSA, não temos muitos outros conceitos para explicá-lo.

Já a longitude, em um sistema de conceitos, indica o lugar que um conceito ocupa em relação a outros conceitos que apresentam o mesmo grau de concretude e/ou abstração (de mesma latitude), embora representem outras realidades (a cada realidade uma longitude diferente). Se, por exemplo, apresentarmos uma segunda imagem (Figura 2), um sujeito pode pensar em ANIMAL, FELINO ou LEÃO:

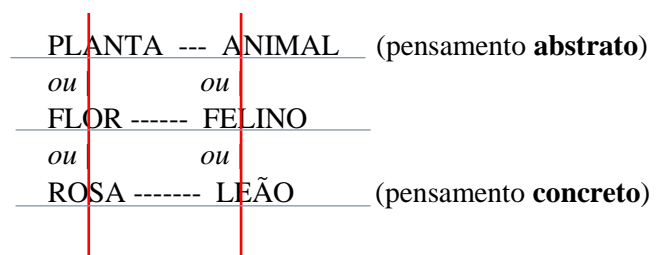
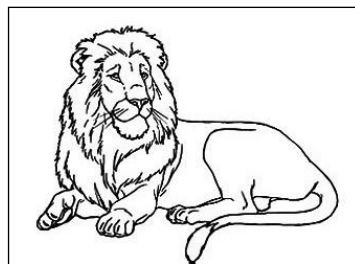


Figura 2: Relação entre objeto e conceito.

Comparando os conceitos relacionados às Figuras 1 e 2, notamos que o conceito ANIMAL apresenta mesmo grau de generalidade que o conceito PLANTA (conceitos de mesma latitude), ou seja, ambos têm alto grau de generalidade, se comparados com os pares de conceitos FELINO - FLOR e ROSA - LEÃO, que são de menor grau de generalidade.

<sup>24</sup>Referiremos um conceito por sua expressão em maiúsculas, por exemplo: PLANTA.

Contudo, os conceitos de cada par se aplicam a aspectos diferentes da realidade, um ao reino vegetal e outro ao reino animal, de modo que, pertencem a longitudes diferentes no interior do sistema conceitual dos seres vivos.

Medir a generalidade de um conceito, portanto, abrange: a) o grau de concretude/abstração em relação a outros conceitos do sistema; b) as relações de interdependência do conceito em foco com outros conceitos; e c) as operações mentais relacionadas ao movimento do pensamento — do geral para o específico e vice-versa — no âmbito do sistema conceitual.

Esse conjunto de características de um conceito, a partir da sua localização em uma rede de coordenadas de latitudes e longitudes, se fundamenta na lei de equivalência entre os conceitos, que prevê a possibilidade de qualquer conceito ser formulado em termos de outros conceitos de numerosas formas.

Todavia, a condição dos conceitos dada pela medida de generalidade não é estática, pois, “o conceito formado não é uma fotografia que surge na mente. O conceito surge no processo de operação intelectual” (VIGOTSKI, 2009, p. 236).

O que determina o desenvolvimento de um conceito é a cooperação entre consciências (VIGOTSKI, 1996), em outras palavras, é a interação social. Em um processo de comunicação de uma mensagem de uma consciência a uma outra, é comum que certos elementos dessa mensagem sejam relacionados a uma classe, ou a um fenômeno, já conhecidos pelo destinatário, levando-o a uma generalização. Sendo assim, pode-se afirmar que toda interação social pressupõe generalização<sup>25</sup>.

As articulações sincréticas apresentam o menor grau de generalização possível. Com certa superioridade, se tem os complexos. Ambas as estruturas constituem o pensamento concreto, que, retomando a metáfora do globo terrestre, estaria localizado no polo oposto ao pensamento abstrato. Este último, por sua vez, é constituído por conceitos, que, comparativamente apresentam maior grau de generalização do que as outras duas estruturas.

Todavia, considerando que existem conceitos de natureza distintas: espontâneos e os científicos (VIGOTSKI, 2009), é preciso diferenciá-los.

Os conceitos científicos se caracterizam por se relacionarem com os objetos mediados por outros conceitos, dispostos num “sistema hierárquico interior de inter-relações” (VIGOTSKI, 2009, p. 290). À medida que novas relações entre os conceitos científicos são

---

<sup>25</sup> “A generalização de um conceito leva à localização de dado conceito em um determinado sistema de relações de generalidade, que são os vínculos fundamentais mais importantes e mais naturais entre os conceitos. Assim a generalização significa ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos” (VIGOTSKI, 2009, p.292).



formadas, propiciadas pelo ensino intencional de outros conceitos, torna-se maior a consciência<sup>26</sup> do sujeito acerca dessa apropriação (VIGOTSKI, 2009). São estas relações de generalidade entre conceitos, que engendram os conceitos científicos. Desconsiderar as relações de generalidades dos conceitos, tentando ensiná-los de forma isolada, fora de uma rede conceitual geralmente promovem

uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança mas, na prática, esconde o vazio. Em tais casos, a criança não assimila o conceito mas a palavra, capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado. No fundo, esse método de ensino de conceitos é a falha principal do rejeitado método puramente escolástico de ensino, que substitui a apreensão do conhecimento vivo pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios (VIGOTSKI, 2009, p. 247).

Ao contrário da memorização mecânica de palavras vazias, o que se espera da aprendizagem dos conceitos científicos é que se possa observar no aprendiz: o domínio de operações lógicas; a descoberta da sua relação com outros conceitos e a aplicação do conceito em diferentes operações lógicas (VIGOTSKI, 2009).

Os conceitos espontâneos, por sua vez, são signos apreendidos pelo sujeito na vivência do dia-a-dia, são abstrações associadas ao uso habitual, corriqueiro do conceito, na relação do sujeito com o objeto. Por exemplo, logo pequenina, a criança ganha bolas de presente, conhece bolas fabricadas com vários tipos materiais, de cores diferentes, com tamanhos variados e, também aprende o uso da bola através da prática de jogos com bola. A partir dessa vivência a criança forma o conceito de bola, ou seja: analisa e percebe que forma e uso constituem traços comuns a todas as bolas, abstrai tais traços dos objetos concretos e dos demais traços das bolas (materiais, cores, texturas, tamanhos, tudo isso é posto de lado) para, então, sintetizá-los no significado do termo bola, que é de objeto redondo usado em vários tipos de jogos (SILVA, 2012).

Em suma, a apropriação dos conceitos espontâneos ocorre de modo não intencional e não sistemático, sendo assim empregados de forma não consciente e não intencional, como no caso do nó apresentado por Vigotski (2009, p.288):

Eu dou um nó. Faço isso conscientemente. Entretanto não posso dizer exatamente como o fiz. Minha ação consciente acaba sendo inconsciente

---

<sup>26</sup>“Os conceitos científicos são o campo em que a tomada de consciência dos conceitos, ou melhor, a sua generalização e a sua apreensão parecem surgir antes de qualquer coisa. Desse modo, a tomada de consciência passa pelos portões dos conceitos científicos” (VIGOTSKI, 2009, p.290).

porque a minha atenção estava orientada para o ato de dar o nó, mas não na maneira como eu o faço.

Todavia, os conceitos espontâneos podem servir de matéria-prima<sup>27</sup> para a formação de conceitos científicos, compreendidos como conceitos não espontâneos. Segundo Vigotski (2009, p. 296),

o problema dos conceitos não-espontâneos e, particularmente, dos científicos é uma questão de ensino e desenvolvimento, uma vez que os conceitos espontâneos tornam possível o próprio fato do surgimento desses conceitos a partir da aprendizagem, que é a fonte do seu desenvolvimento.

O ensino, como exemplo de interação social, é uma atividade inerente à educação escolar. Ao ato de ensinar cabe o papel de contribuir para que um conceito de menor generalização atinja uma maior generalização, nas consciências dos estudantes.

Para ampliar a caracterização dos conceitos que usamos como elementos de mediação na nossa interação com o mundo, ainda é preciso levar em consideração a forma como esse conceito é empregado. Nesta perspectiva, tomamos como referência os estudos sobre a relação entre pensamento e linguagem realizados por Vigotski (2009) visando compreendermos como os conceitos são empregados.

### 3.2.2 O emprego dos conceitos

Para entender como os conceitos são empregados, primeiro é preciso considerar que o conceito é compreendido como: (a) ferramenta psicológica social, capaz de influenciar psicologicamente na conduta dos seres humanos; (b) o responsável pela tarefa “de contato social, de influência sobre os indivíduos do entorno” (WERTSCH, 1988, p. 96-97).

Em segundo lugar, é necessário conhecer como se estabelece e se desenvolve a relação de dependência mútua entre pensamento e linguagem. Com esse objetivo, Vigotski (2009) utilizou duas frentes de análise: 1) dos planos da linguagem em seus aspectos semânticos e fásico (físico e sonoro); e 2) dos aspectos acerca da estrutura semântica e a função da linguagem.

Uma das conclusões obtidas por Vigotski (2009), é que o desenvolvimento do aspecto semântico da fala (significado) não evolui paralelamente com o fásico (físico/sonoro). Na realidade, o desenvolvimento do aspecto fásico se antecipa ao semântico (VIGOTSKI, 1996).

---

<sup>27</sup> Outras possíveis matérias-primas são: imagens e vínculos sincréticos; pensamento por complexos; e os conceitos potenciais.

No início do seu desenvolvimento a criança, por exemplo, não difere os aspectos semânticos e fásico, pois não possui a consciência dessa diferenciação. Posteriormente, há um momento em que a criança toma consciência de que as palavras possuem significados, e estas se tornam a via específica de transição do significado para o som, assumindo a função comunicativa. O uso da linguagem falada pela criança acontece porque ocorre a diferenciação dos significados das palavras em sua linguagem e, também, por causa da tomada de consciência de que para cada palavra pode haver um significado específico.

Em uma consciência desenvolvida, como a de um adulto, espera-se que compreendam que as palavras são constituídas por expressões e significados, e que através delas os sujeitos conseguem se comunicar. Além dessas características, neste estágio do desenvolvimento da consciência humana, a discrepância entre os planos semântico e fásico da linguagem — a diferença entre o significado e as formas de expressão física das mesmas — engendra o movimento da palavra ao pensamento e do pensamento à palavra. Esse processo complexo de transição do pensamento para a palavra é mediado pelo significado.

A análise dos aspectos semântico e físico/sonoro, interior e exterior da linguagem respectivamente, também resultou na conclusão de que a estrutura do pensamento não se reflete inteiramente na linguagem, como uma imagem no espelho; em outras palavras, o pensamento expresso por alguém não transpõe para as palavras — pronunciadas (falada), escritas — toda sua essência, mas, apenas, os traços compartilháveis através da linguagem (VIGOTSKI, 2009).

A segunda frente de análise utilizada por Vigotski no estudo sobre a relação entre pensamento e linguagem, foi acerca da estrutura semântica e da função da linguagem. Abordar a estrutura semântica da linguagem é tratar do grau de referencialidade concreta encontrado na relação que se estabelece entre o sujeito e o mundo real, através da linguagem (Ibidem, 2009). Isto significa que, é possível dimensionar o quanto uma palavra — compreendida como um signo linguístico — pode estar vinculada ao objeto nela representado. Por exemplo, caso seja solicitado a uma criança chamar “lápiz” de “mesa”, e “mesa” de “lápiz”, ela poderá responder que isto não é possível, uma vez que não dá para escrever com a mesa, ou usar o lápis para apoiar o prato na hora do almoço. Neste caso, a estrutura da palavra é exclusivamente de referencialidade concreta, o que implica dizer que a expressão e o significado, que a constitui, estão fortemente vinculados ao objeto, fazem parte do objeto. Isto ocorre, geralmente, na fase inicial do desenvolvimento psíquico do sujeito, na qual pensa por complexos, que, como nós já discutimos anteriormente, pode ser matéria-prima para a formação de conceito.

De uma forma geral, o pensamento se relaciona de forma interfuncional com a linguagem, ou seja, quando o pensamento se modifica a linguagem também se modifica. Na relação entre o pensamento por complexos e a linguagem, as palavras que a constituem assumem a função indicativa/nominativa dos objetos, isto é, se atribui uma palavra a um determinado objeto. Esta função é considerada a base para os “primeiros níveis de generalização e os correspondentes níveis de desenvolvimento na interação social” (WERTSCH, 1988, p.111).

Em um estágio em que a consciência humana é mais desenvolvida, a estrutura da palavra apresenta menor referencialidade concreta, ou seja, expressão e significado não estão tão vinculados ao objeto. Nesta fase, a possibilidade de um sujeito chamar mesa de lápis e vice-versa é aceita, já que são os conceitos LÁPIS e MESA que são empregados, isto é, o pensamento ocorre por meio de um tipo de estrutura de generalização capaz de levar uma vida autônoma em relação ao objeto. Isto porque a palavra não é utilizada apenas para indicar um objeto, mas, também, cumpre a função de introduzir o objeto em um sistema de conexões e relações, além de analisá-lo e generalizá-lo. Neste caso, a palavra tem função significativa.

Luria (VYGOTSKI, 2014, p.457) exemplifica o uso da palavra com função significativa:

«Tinteiro» não indica tão só diretamente o objeto que está na mesa; indica que o objeto em questão guarda relação com a cor ou a pintura (tint-), que se refere a outros objetos que possuem o significado de instrumento (sufixo – eiro) [Vigotski chama «partícula» a essa parte da palavra], que este objeto é um recipiente o mesmo que açucareiro, cinzeiro (sufixo -eiro). Por conseguinte, a palavra, por um lado, não só indica o objeto, senão que realiza uma complicadíssima análise desse objeto, análise que se tem estruturado nos códigos do idioma durante o processo da história social.

Por outro lado, a palavra introduz o objeto em um determinado sistema de conexões, e «jardim» provoca inevitavelmente tais conexões como «terra», «cume», «pepinos», etc., e às vezes se refere também a um sistema mais abstrato de categorias, como «agricultura», «alimentação vegetal», «valor da mercadoria», etc.

Finalmente, como disse Lenin, toda palavra (o discurso) já generaliza [...]: quando dizemos «mesa», nos referimos a qualquer mesa, quando dizemos «relógio», a qualquer relógio, etc. (Tradução nossa).

Todavia, se a função indicativa/nominativa das palavras, isto é, se a atribuição da palavra ao objeto se mantém a mesma nas diferentes etapas do desenvolvimento psíquico do sujeito, o significado da palavra, por sua vez, pode se desenvolver (VYGOTSKI, 2014).

Os resultados obtidos das duas frentes de análise realizadas por Vigotski para o estudo da relação de dependência mútua entre pensamento e linguagem, podem ser organizados como apresentamos no Quadro 1.

Estado Inferior	Estado Superior
Não há diferenciação consciente entre a palavra e seu aspecto semântico (significados), entre expressão e significado da palavra.	Compreensão de que as palavras são constituídas de expressão e significados.
A palavra (expressão + significado) apresenta forte referencialidade concreta, ou seja, o objeto faz parte da palavra.	A palavra apresenta menor referencialidade concreta, isto é, o objeto não faz parte da mesma.
Pensa-se por complexo e a palavra assume função indicativa/nominativa (atribuição da palavra ao objeto).	Pensa-se por conceito e a palavra assume a função significativa (introduz o objeto num sistema de conexões e relações, o analisa e o generaliza).

Quadro 1: Estados inferior e superior do desenvolvimento psíquico do homem.

Diante do exposto, acreditamos que a concepção de medida de generalidade dos conceitos, a caracterização dos conceitos espontâneos e científicos, e a função da palavra se constituem em um conjunto de categorias adequado para a análise do emprego funcional dos conceitos.

### 3.2.3 O conceito de composição na ciência química e suas formas de expressão

O signo em estudo — COMPOSIÇÃO QUÍMICA — apresenta como parte intrínseca os significados do conceito composição, o qual é reconhecido como sendo um dos principais objetos de estudo da ciência química (MALDANER, 2003; MACHADO, 2004; SILVA et al, 2007).

O conceito de composição, assim como outros conceitos químicos, está presente nos níveis descritivos: molar (macroscópico); atômico-molecular (microscópico) dos materiais (JENSEN, 1998).

Inicialmente considerava-se que substâncias e misturas eram compostas por elementos químicos. A composição química dos materiais era, então, expressa em termos das proporções em massa dos elementos químicos. Essa concepção surgiu ao final do século XVIII com Lavoisier (SILVA et al, 2007) que considerava que um material poderia ser tomado como elementar (um elemento químico, uma substância simples) caso não pudesse ser decomposto por meios químicos.

As noções acerca de elementos e substância, entretanto, começaram a sofrer mudanças após a proposição de Dalton, de que os constituintes microscópicos das substâncias simples eram átomos idênticos. A partir de então, os conceitos de átomo, molécula e íon se tornaram essenciais à química. Considera-se que os átomos tendem a se organizar formando

partículas maiores denominadas moléculas, ou formando redes de grandes proporções. Se as redes são de modo regular são designadas de cristais, se for irregular são chamados de agregado amorfo. Os átomos ao se organizarem, muitas vezes, perdem a neutralidade e formam íons ou moléculas.

O desenvolvimento dos métodos espectroscópicos modificou a forma de caracterizar os materiais. Se antes destes os componentes de uma mistura eram identificados como substâncias, agora já era possível identificar as espécies químicas presentes em uma amostra.

Com este advento, o conceito de composição é ampliado. No plano microscópico os materiais são compostos por muitas partículas que variam de complexidade conforme as interações possíveis.

A compreensão do sistema conceitual relativo à composição química é fundamental para à alfabetização científica, isto é, para que um aprendiz possa entender como um químico pensa. Neste sistema conceitual, encontram-se subordinados ao conceito de composição, outros mais específicos: mistura e substância (nível macroscópico); átomo, molécula, íon (nível microscópico). “Sem tais conceitos torna-se impossível compreender a abordagem química aos materiais” (SILVA et al, 2007, p. 7).

No âmbito do ensino de química o conceito de composição química é considerado como elemento estruturador do pensamento químico, pois potencializa nosso pensamento e nossa capacidade de relacionar, sintetizar, propor explicações a partir daquilo que já se conhece (LIMA; BARBOZA, 2005).

Não é raro encontrarmos nos livros didáticos de nível superior, ou médio, a seguinte definição de substância: “é matéria com a composição fixa e propriedades bem definidas” (BROWN; LeMAY; BURSTEN, 1999, p.4). As substâncias podem ser diferenciadas em simples e compostas. As substâncias simples são aquelas que não podem ser decompostas em outras substâncias mais elementares, fundamentais, e cada substância é constituída por apenas uma espécie de átomo. Já a substância como composto é aquela constituída por dois ou mais elementos, que por sua vez, contêm duas ou mais espécies de átomos, são mais complexas (BROWN; LeMAY; BURSTEN, 1999, CHANG, 1994; RUSSEL, 1981).

Porém, em química, falar em composição não é só fazer referência aos elementos presentes — aspecto qualitativo— mas, também, às proporções em que os átomos estão combinados, correspondendo ao seu aspecto quantitativo (CHANG, 1994; RUSSEL, 1981).

O aspecto quantitativo da composição das substâncias tornou-se mais explícito a partir da proposta do uso de símbolos químicos para representar os elementos por Berzelius,

que era um atomista<sup>28</sup> convicto (CROSLAND, 1988; RHEINBOLDT, 1988; OKI, 2009; ZINGALES, 2010), embora considerasse o átomo como uma entidade hipotética — por não ser objeto de inspeção direta.

Usando letras iniciais maiúsculas dos nomes latinos ou latinizados dos elementos, e em alguns casos, usava mais uma outra letra minúscula do nome, Berzelius propôs que cada símbolo representasse um peso definido da matéria simples, ou seja, seu peso atômico relativo. Ao justapor símbolos e eventualmente números, Berzelius criou as fórmulas dos compostos químicos, com o objetivo de representar diretamente o resultado de sua análise quali-quantitativa. Dessa forma explicava “todos os fenômenos das proporções químicas e especialmente aqueles aos quais chamamos de proporções múltiplas” (RHEINBOLDT, 1988, p.96).

Berzelius realizou numerosas análises químicas, tanto para determinar os pesos atômicos de cada elemento quanto para obter uma maior exatidão nas determinações. Suas fórmulas, segundo Rheinboldt (1988), eram absolutamente concordantes com os fatos experimentais. Em 1818 Berzelius já trabalhava com uma tabela baseada em sua própria análise de aproximadamente 2.000 substâncias simples e compostas.

Análises elementares dos compostos para obter sua composição em porcentagem em peso, são realizadas a mais de duzentos anos. No início as análises eram realizadas com uma balança de pouca precisão e mediante os procedimentos de análises e sínteses químicas. Hoje, mesmo com o grande avanço da química, ainda é realizado rotineiramente, pois novas substâncias são identificadas diretamente da natureza ou sintetizadas nos laboratórios. Entretanto, atualmente existem aparelhos muito mais sofisticados, onde este tipo de análise é totalmente automatizado, que informam sobre a composição elementar de uma amostra qualquer de matéria (GARRITZ, 2005).

Para obter a fórmula química a partir da composição elementar de uma substância, costuma-se seguir os seguintes passos:

- 1) se não conhecer a massa da amostra, assumir uma massa total igual a 100 g;
- 2) calcular a massa de cada elemento presente no composto a partir da porcentagem. Este passo não é necessário, quando você sabe que a massa de cada elemento presente no composto;
- 3) calcular a quantidade de substância de cada elemento presente no composto, para o qual as massas molares são

---

<sup>28</sup> A teoria atômica de John Dalton (1766-1844) fora elaborada a partir de uma lógica empirista, amplamente aceita no século XIX e, que ainda se encontra presente em alguns livros didáticos de química (OKI, 2009).

usadas como a unidade de razões; 4) se a quantidade de matéria de cada elemento do composto não é um número inteiro divida cada um deles pelo menor dos valores; 5) se ainda assim os números continuarem fracionários, multiplicar por um múltiplo comum a todos os valores inteiros (GARRITZ, 2005, p. 204-206).

A fórmula empírica de um composto, portanto, é formada por justaposição dos símbolos atômicos (letras maiúsculas e minúsculas) com números subscritos adequados, possibilitando a escrita da fórmula mais simples possível que expresse a composição de um composto (CONNELLY et al., 2005).

Além das fórmulas empíricas, a composição das substâncias também é representada pela nomenclatura composicional, termo usado nas atuais recomendações da IUPAC (CONNELLY et al., 2005) para denotar a formação de nomes que são baseadas unicamente na composição das substâncias.

O principal objetivo da nomenclatura química é proporcionar metodologia para fixar nomes e fórmulas para as espécies químicas de modo que possam ser identificadas sem ambigüidade, facilitando assim a comunicação. Sendo assim, fórmulas empíricas e a nomenclatura composicional são usadas para representar a composição dos materiais, e constituem o sistema linguístico da química.

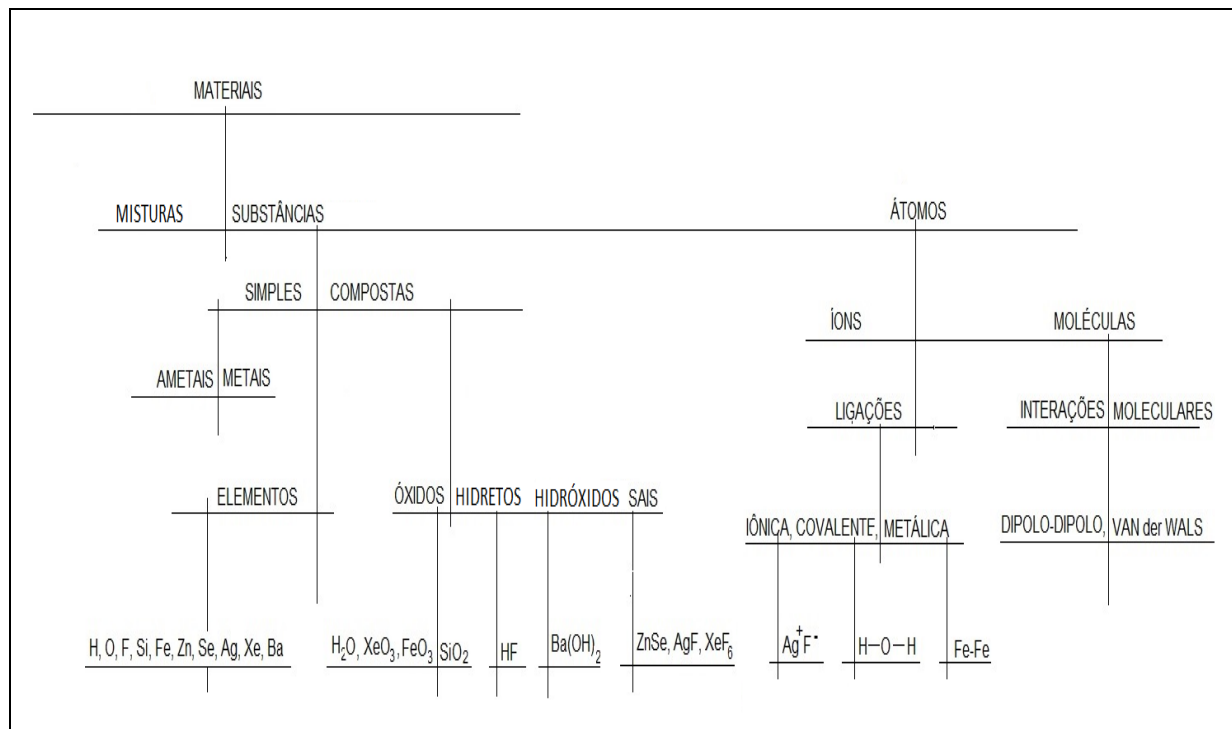
O uso de sistemas de símbolos desempenha importante papel no desenvolvimento da ciência, uma vez que mesmo na contemporaneidade, “o nosso acesso aos fenômenos científicos é limitado pelos nossos mecanismos de percepção” (KOZMA, 2000, p.3). Assuma-se, então, que o entendimento do mundo é mediado pelas expressões simbólicas criadas para representar os fenômenos.

#### 3.2.4 Relações de generalidade entre conceitos referentes a composição dos materiais

Relacionando a concepção de medida de generalidade (VIGOTSKI, 2009) com o conhecimento químico sobre a composição dos materiais, elaboramos um esquema conceitual hierárquico para representar o que seria a região do globo da ciência química que corresponde ao conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA.

Como resultado, obtivemos o esquema conceitual hierárquico de referência (ECR) que está apresentado no Quadro 2.





Quadro 2: Esquema conceitual hierárquico de referência (ECR).

Recorrendo à metáfora do globo terrestre, vamos supor que este representasse a ciência química, neste caso ECR corresponderia a uma região limitada desse globo. O conceito **COMPOSIÇÃO QUÍMICA** é toda essa região. Isto significa que não é preciso que as palavras “composição química” se encontrem presentes na escrita, ou no discurso de quem pensa por meio de **COMPOSIÇÃO QUÍMICA** para resolver problemas de química, pois este conceito pode ser expresso por outros conceitos químicos, como podemos ver em ECR.

Destarte, diante dessa relação de dependência entre **COMPOSIÇÃO QUÍMICA** e ECR, entendemos que **COMPOSIÇÃO QUÍMICA** apresenta maior grau de generalização e maior grau de abstração que qualquer conceito que constitui ECR. Portanto, fazer a análise de ECR, ou de qualquer parte menor desse esquema, implica em realizarmos a análise do conceito **COMPOSIÇÃO QUÍMICA**.

Analisando a estrutura de ECR, podemos definir que no seu polo superior estão localizados os conceitos químicos com maior grau de generalização, e no polo inferior os de menor grau de generalização. O pensamento se movimenta no interior de ECR estabelecendo relações entre os conceitos que se encontram disponíveis.

Os conceitos químicos estão organizados de acordo com a relação de generalidade entre eles. Todos foram dispostos em linhas verticais e horizontais. As posições nas linhas verticais indicam a hierarquia entre os conceitos. Nas posições superiores das linhas verticais, estão colocados os conceitos científicos com maior grau de abstração e generalização. À

medida que seguimos as linhas verticais no sentido descendente, encontramos conceitos com menor grau de generalização, que, ainda podem ser conceitos científicos, mas, também, conceitos espontâneos e, até mesmo, signos com o menor grau de generalização possível, os complexos (mais concretos).

Os conceitos que possuem mesmo nível de generalidade estão dispostos em uma mesma linha horizontal, e partir de cada um deles, outros podem ser subordinados ou supraordenados.

A disposição, conseqüentemente, as relações de generalidade dos conceitos em ECR foi pensada considerando a lógica<sup>29</sup> química. Por exemplo, na perspectiva da ciência química os MATERIAIS são — no nível molar (macroscópico) — SUBSTÂNCIAS ou MISTURAS, essa condição implica que estes conceitos derivam de MATERIAIS, portanto consideramos que MATERIAIS apresenta maior grau de generalidade que SUBSTÂNCIAS e MISTURAS.

Ainda no nível molar e tomando como referência a composição das SUBSTÂNCIAS, podemos diferenciá-las em: SUBSTÂNCIAS SIMPLES ou SUBSTÂNCIAS COMPOSTAS. Neste caso, existe uma classificação das SUBSTÂNCIAS na qual é levada em conta a composição das substâncias no nível molar. A classificação, portanto, estabelece que o conceito mais geral é SUBSTÂNCIAS, supraordenado aos conceitos que apresentam menor grau de generalidade: SUBSTÂNCIAS SIMPLES e SUBSTÂNCIAS COMPOSTAS.

As SUBSTÂNCIAS SIMPLES são constituídas por um único tipo de ELEMENTO, como por exemplo: HIDROGÊNIO (H), OXIGÊNIO (O), FLÚOR (F), SILÍCIO (SI), FERRO (FE), ZINCO (ZN), SELÊNIO (SE), CÁLCIO (CA), PRATA (AG), BÁRIO (BA) e XENÔNIO (XE). A subordinação de ELEMENTO se dá, já que estes são tidos como atributos não sensíveis que, uma vez discriminados e abstraídos, podem caracterizar as SUBSTÂNCIAS SIMPLES. Por sua vez, ELEMENTO é considerado um conceito mais geral do que seus exemplares acima citados.

As SUBSTÂNCIAS SIMPLES, de acordo com o caráter metálico dos elementos constituintes dessas substâncias, podem ser classificadas em METAIS ou AMETAIS. Isto

---

<sup>29</sup> Lógica química que é assenta na lógica formal clássica que norteia a maior parte da produção de conhecimento científico, que está fundamenta na indução, ou na dedução, ou no processo indutivo-dedutivo (métodos de análise da realidade a partir da articulação entre as categorias: todo e parte). Contudo, ressaltamos que do ponto de vista da consciência dialética a lógica formal “não corresponde às possibilidades máximas de compreensão, interpretação e penetração no íntimo dos processos naturais e sociais” (ALMEIDA; OLIVEIRA; ARNONI, 2007, p.42). Todavia, embora façamos tal ressalva, é preciso compreender que a lógica dialética não invalida a lógica formal.

significa, que SUBSTÂNCIAS SIMPLES é a generalização dos tipos substância simples metálica e substância simples ametálica, logo apresenta maior grau de generalidade, por isso tem subordinado a si, METAIS e AMETAIS.

Já as SUBSTÂNCIAS COMPOSTAS são formadas por mais de um tipo de ELEMENTO, e se subdividem nas classes<sup>30</sup>: ÓXIDOS, HIDRETOS, HIDRÓXIDOS e SAIS. Mais uma vez, temos ELEMENTO subordinado a um conceito, neste caso, a SUBSTÂNCIA COMPOSTA, o que implica dizer que este último conceito é mais geral do que o primeiro, uma vez que dele se deriva um outro conceito visando sua caracterização.

Os outros conceitos subordinados a SUBSTÂNCIAS COMPOSTAS foram derivados deste, a partir da ideia de agrupar tais substâncias usando como critério atributos não sensíveis específicos referentes à composição das mesmas. Por exemplo, além de levar em consideração que algumas substâncias são semelhantes por serem formadas por mais de um tipo de elemento, estas ainda têm em comum o fato do elemento mais eletronegativo ser o oxigênio. Diante dessas semelhanças, se define, então o grupo de substâncias compostas: ÓXIDOS. Alguns exemplares desse grupo estão apresentados em ECR, como: ÓXIDO de SILÍCIO ( $\text{SiO}_2$ ), ÓXIDO de FERRO ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ÁGUA ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e TRIÓXIDO de XENÔNIO<sup>31</sup> ( $\text{XeO}_3$ ), que são, portanto, conceitos com menor grau de generalização do que ÓXIDOS.

É com base em outros atributos não sensíveis particulares relacionados a composição das substâncias que se pode formar outros grupos de substâncias compostas além dos óxidos. E uma vez que, HIDRETOS, HIDRÓXIDOS e SAIS derivam de SUBSTÂNCIAS COMPOSTAS, podemos dizer que apresentam menor grau de generalidade do que este último conceito.

Para cada classe de substâncias compostas apresentadas em ECR, foram apresentados alguns exemplares. Para HIDRETOS, o ácido fluorídrico ( $\text{HF}$ ); para os HIDRÓXIDOS, o dihidróxido de bário ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ); e para os SAIS, seleneto de zinco ( $\text{ZnSe}$ ); fluoreto de prata ( $\text{AgF}$ ); e hexafluoreto de xenônio ( $\text{XeF}_6$ ). A condição de exemplares, estabelece que os conceitos ora apresentados são menos gerais do que os conceitos HIDRETOS, HIDRÓXIDOS e SAIS.

A composição dos materiais no nível atômico-molecular (microscópico) tem como base os ÁTOMOS, que podem formar ÍONS e MOLÉCULAS. Os ÍONS, são ÁTOMOS ou MOLÉCULAS que possuem quantidades diferentes de elétrons (cargas negativas) e prótons

<sup>30</sup> Esta classificação das substâncias não é exaustiva, mas, se presta aos conteúdos dos problemas propostos aos estudantes nesta pesquisa, daí sua presença no ECR.

<sup>31</sup> Os nomes das substâncias não foram colocados em ECR, por uma questão estética. Optamos, então, por usar as fórmulas empíricas que ocupam menos espaço no esquema, buscando possibilitar a leitura de ECR mais clara.

(cargas positivas); já as MOLÉCULAS — agrupamentos de ÁTOMOS — apresentam LIGAÇÕES entre átomos. O fato dos conceitos ÍONS e MOLÉCULAS terem suas origens em ÁTOMOS é a condição para que sejam considerados menos gerais do que este último conceito. A final, ÍONS e MOLÉCULAS foram propostos a partir de ÁTOMOS.

A propósito de explicar como ocorre a união entre ÁTOMOS e ÍONS, e a formação de MOLÉCULAS é criado o conceito de LIGAÇÕES, por isso em ECR, este conceito se encontra subordinado aos anteriores, ou seja, tem menor generalidade. Contudo, LIGAÇÕES apresenta maior grau de generalidade se comparado a IÔNICA, COVALENTE e METÁLICA, já que estes são tipos específicos de LIGAÇÕES. Por exemplo, pensar em união de ÍONS nos leva à possibilidade de encontrar LIGAÇÕES IÔNICAS ou COVALENTES; Mas, se pensamos na união de átomos as possibilidades passam a ser entre LIGAÇÕES COVALENTES ou METÁLICAS. Para cada tipo de LIGAÇÃO apresentamos em ECR, exemplares.

Uma particularidade das MOLÉCULAS é o fato de existir INTERAÇÕES MOLECULARES. Comparando a generalidade entre esses dois conceitos, seguindo a lógica da química na qual estabelece uma sequência de derivações de conceitos, temos que o conceito com maior generalidade é MOLÉCULAS, pois, a partir deste foi criado INTERAÇÕES MOLECULARES, conseqüentemente apresenta menor generalidade. Uma vez identificadas formas diferentes de INTERAÇÕES MOLECULARES, fora proposto a classificação destas em DIPOLO-DIPOLO e VAN DER WAALS, logo, consideramos que entre estes conceitos DIPOLO-DIPOLO e VAN DER WAALS apresentam menor grau de generalidade.

À vista do exposto, construímos, assim, o aporte teórico necessário para fundamentar o desenvolvimento da pesquisa sobre o uso do conceito composição química.

### 3.3 METODOLOGIA

#### 3.3.1 SUJEITOS DA PESQUISA

Participaram da pesquisa oito estudantes do curso de Licenciatura de Química da Universidade Federal da Bahia.

Optamos por selecionar licenciandos que se encontravam em momentos distintos do curso, uma vez que, a vivência de diferentes conjuntos de disciplinas poderia engendrar

sistemas conceituais distintos a serem correlacionados aos nomes das substâncias e às fórmulas químicas, contraindo signos a serem utilizados para resolver os problemas de química. O grupo selecionado era formado por dois alunos que estavam em um estágio do curso que equivaleria ao quarto semestre; outros dois do quinto semestre; um estudante do sexto semestre; um do sétimo semestre; um do oitavo semestre; e um do nono semestre.

Dentre os oito participantes, apenas um declarou não trabalhar. Entre os outros sete, um trabalhava no comércio, dois atuavam como monitores de química em cursos pré-vestibulares e três estavam empregados na indústria química.

Quanto à educação formal, três dos pesquisados fizeram o ensino médio em escolas públicas da rede estadual de educação da Bahia, dois cursaram o ensino médio na rede estadual, mas também, fizeram curso técnico; outros dois vivenciaram o ensino médio em colégios da rede privada, e um não cursou o ensino médio, pois preferiu cursar a escola técnica.

Neste trabalho, optamos por usar rótulos alfanuméricos para representar os licenciandos em química participantes da pesquisa preservando, assim, suas identidades.

Ao serem convidados a participar da pesquisa, explicamos que se tratava de uma investigação na área de ensino de química e que envolvia o tema linguagem química. Foram informados que seriam solicitados a resolverem questões apresentadas em forma escrita sobre conteúdos químicos e que, concomitantemente, seriam observados e entrevistados. Os participantes, sem hesitação, autorizaram a gravação de áudio e vídeo de todo procedimento de coleta de dados. Todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE 1).

### 3.3.2 COLETA DE DADOS

Ao planejarmos a produção de dados para nossa investigação, decidimos propor que os licenciandos em química, participantes da pesquisa, buscassem soluções para problemas químicos. A decisão foi fundamentada no fato de que é diante da tarefa de resolver os problemas que o indivíduo emprega o signo, gerando, assim ambiente propício para o desenvolvimento de conceitos (VIGOTSKI, 2009).

As resoluções dos problemas propostos requeriam o conhecimento da composição das substâncias citadas nos enunciados. O conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ou alguns dos seus significados correlatos, deveria ser expresso como fórmulas químicas durante o

processo e, tais fórmulas poderiam ser deduzidas a partir dos nomes das substâncias. Portanto, a realização dessas tarefas pelos estudantes poderia explicitar como o conceito composição química seria empregado.

Uma vez que, o nosso acesso à interpretação e tradução das expressões químicas pelos licenciandos de química dependeria da linguagem externa (falada e/ou escrita) dos mesmos, à medida que resolviam os problemas, realizamos entrevistas abertas. Por meio da entrevista esperávamos obter informações a partir do ponto de vista dos mesmos (LICHTMAN, 2010), sobre a forma como usariam os signos químicos na resolução dos problemas teóricos químicos.

### 3.3.3 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

A análise dos dados se baseou nas respostas dos estudantes aos problemas propostos.

O primeiro problema solicitava que os licenciandos determinassem, entre pares de substâncias, qual possuía menor temperatura de fusão. As substâncias eram: cal e ferrugem; quartzo e seleneto de zinco; sílica e fluoreto argentoso. Os licenciandos foram orientados a considerarem os modelos de ligações químicas e de interações intermoleculares apropriados em cada caso. O enunciado do problema também informava: 1. A força de uma ligação iônica depende da carga dos íons, ou seja, quanto maior a carga, maior será a atração eletrostática entre os íons; 2. Ao comparar substâncias que apresentam mesma força de interação entre seus constituintes, a substância com maior temperatura de ebulição e de fusão será aquela apresentar maior massa molar (MACHADO; MORTIMER, 2011).

No segundo problema, solicitamos que fosse calculado o volume de uma solução previamente preparada de barita cáustica 50% (m/m), necessário para preparar uma solução de barita cáustica 0,1 mol.L<sup>-1</sup>.

No problema de número três (UFBA, 2013)<sup>32</sup>, fora enunciada uma reação de hidrólise lenta do hexafluoreto de xenônio, na presença de umidade do ar, levando à produção de trióxido de xenônio sólido e ácido fluorídrico gasoso. Foram informados alguns valores de variação de entalpia, e solicitado que se calculasse o valor da variação de entalpia padrão do trióxido de xenônio.

---

<sup>32</sup>Adaptado de uma questão da segunda fase do vestibular da Universidade Federal da Bahia no ano de 2013.

À medida em que os oitos licenciandos resolviam tais problemas, íamos submetendo-os à observação e a uma entrevista semiestruturada. O comportamento e as falas dos licenciandos foram filmados, e posteriormente, transcritos, tomando o formato de texto. De posse dos textos referentes às resoluções propostas por cada um dos oito licenciandos, realizamos a análise dos dados.

Segmentamos os textos, e definimos os trechos que nos serviriam de unidades de análise. O critério que utilizamos para a seleção dos trechos foi a explicitação do conceito de composição apreendido pelos licenciandos, que ocorreria à medida que os licenciandos interpretassem e traduzissem os nomes das substâncias para as fórmulas empíricas, na busca por resolver os problemas.

Ao mesmo tempo, realizamos a codificação marcando os segmentos com colchetes para definir onde começavam e onde terminavam. Em seguida, realizamos a categorização, isto é, agrupamos segmentos com características semelhantes, marcados com o mesmo código.

Após a organização dos dados coletados, elaboramos esquemas conceituais hierárquicos (ECn) a partir de trechos de entrevistas, nos quais os licenciandos explicam como empregaram o signo composição química para resolver os problemas.

Os esquemas conceituais hierárquicos foram, então, comparados ao esquema conceitual de referência (ECR, ver página 144), por representar a região do sistema conceitual químico que julgamos ser necessária para resolver os problemas 1, 2 e 3, para os quais solicitamos que os licenciandos propusessem soluções.

Para cada esquema conceitual hierárquico realizamos a análise tomando como parâmetro: a medida de generalidade; as formas de pensar por meio de estrutura de generalização (complexo e conceito); e as funções das palavras. O conjunto de aspectos que utilizamos na nossa investigação acerca do emprego do conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA pelos licenciandos, isto é, as categorias de análise da pesquisa estão apresentadas no Quadro 3.

Vale ressaltar que, neste trabalho, não nos preocupamos em diferenciar os conceitos em espontâneos ou científicos, uma vez que esta classificação nos levaria a ter que coletar outra gama de dados que nos levasse a identificar o uso consciente dos conceitos, ampliando muito a nossa pesquisa o que demandaria mais tempo além do disponível.

Função da Palavra	Significativa (introduz o objeto num sistema de conexões e relações, o analisa e o generaliza).
	Indicativa ou nominativa (atribuição da palavra ao objeto)
Estrutura de Generalização	Complexo - específico, mais concreto, associado à experiência imediata com o objeto, sem sistematização.
	Conceito - geral, mais abstrato, associado à experiência mediada com o objeto, com sistematização.
Medida de Generalidade	Grau de concretude/abstração em relação a outros conceitos do sistema.
	Relações de interdependência do conceito em foco com outros conceitos.
	As operações mentais relacionadas ao movimento do pensamento — do geral para o específico e vice-versa—no âmbito do sistema conceitual.

Quadro 3: Categorias de análise definidas *a priori*.

A partir das categorias definidas *a priori*, apresentadas, analisamos, também, o conteúdo dos trechos das entrevistas, buscando identificar os significados dos diferentes discursos, tomando como base a inferência ou a dedução, levando em consideração os critérios de frequência, estruturas temáticas, entre outros (BARDIN, 2002).

### 3.4 ANÁLISE E RESULTADOS

Iniciamos a análise sobre como os licenciandos em química empregaram o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA, refletindo acerca das explicações dadas nas resoluções dos problemas de química.

Uma vez que, todo conceito possui expressão e significados, notamos que, embora os licenciandos pudessem usar os nomes das substâncias e/ou as fórmulas empíricas como expressões do conceito em estudo, todos usaram, quase que exclusivamente, às fórmulas empíricas em todos os três problemas. Alguns solicitavam as fórmulas já prontas, outros as escreviam de forma autônoma, como podemos notar nos trechos das entrevistas abaixo:

E2: O enunciado só diz o nome das substâncias...A senhora pode me dar as fórmulas?

P: Não consegue escrever as fórmulas?

E2: É tenho dificuldade...

E5: Preciso da fórmula molecular da barita cáustica...

P: Barita cáustica é o mesmo que dióxido de bário.

E5: Vixe! Não sei fazer a fórmula! Preciso fazer a estrutura de Lewis?

E8: Vou escrever a reação. Aí nesse caso aqui eu não tenho, eu não sei como é a fórmula do hexacloro de xenônio, eu preciso...pode me informar?



E1: Para fazer entalpia dos produtos menos a entalpia dos reagentes... eu preciso tentar fazer a fórmula para... vai ser o hexafluoreto de xenônio na presença de umidade do ar... aqui óxido de xenônio mais ácido fluorídrico (enquanto fala escreve as fórmulas, montando a equação química).

E6: Ele não dá a fórmula da barita cáustica? Só se soda cáustica é NaOH, eu “tô” achando que é Ba(OH)<sub>2</sub> no caso...

O fato dos licenciandos não usarem os nomes das substâncias para expressar e significar o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA, pode ser um indício de que para os licenciandos participantes da pesquisa, os nomes das substâncias tiveram a função de nomear aos materiais. Os nomes das substâncias não foram usados para introduzir os materiais citados nos enunciados dos problemas, em um sistema conceitual que poderia ser utilizado para propor resolução para os problemas. Os nomes das substâncias, também, não foram usados para analisar e generalizar tais materiais.

Em relação ao uso das fórmulas empíricas para expressar e significar o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA, vamos analisar, inicialmente como os licenciandos procederam no problema 1.

Os trechos das entrevistas abaixo, exemplificam como os licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8 explicaram o modo como procederam para propor soluções para o problema de número 1:

E4: Pela fórmula química, aí eu expliquei assim, dentro das duas alternativas eu recorri às fórmulas, aí depois das fórmulas eu podia determinar o modelo das ligações químicas, e depois podia identificar se estas substâncias tem maior ponto de fusão. Aí considerei que nesses dois primeiros compostos a força de ligação dos mesmos, eu afirmei que o ponto de fusão da cal é menor do que o da ferrugem, porque eu considerei a questão energética, para romper as ligações do segundo composto requer maior energia.

Notamos que a análise da composição dos materiais: quartzo, ferrugem, fluoreto argéntoso, seleneto de zinco, cal, ácido clorídrico, pelos licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8, foi orientada pelas fórmulas empíricas: SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, AgF, ZnSe, Ca(OH)<sub>2</sub> e HCl.

O trecho de entrevista a seguir exemplifica como esse grupo de licenciandos empregou as fórmulas empíricas:

P: No caso do fluoreto de prata e do ácido muriático? Como as fórmulas lhe ajudaram?

E2: As fórmulas ajudam a visualizar melhor as substâncias. O que acontece aqui (aponta para o AgF e sublinha o símbolo da prata) tenho um átomo que é um metal, então é, tem ligação iônica. E aqui (aponta para o HCl) eu já imagino uma nuvem (desenha a fórmula estrutural do H—Cl, envolvido por uma linha), pois tem ligação covalente entre os átomos. Como uma ligação iônica é mais forte, então AgF teve ter maior ponto de fusão.

É a interpretação dessas fórmulas empíricas que leva aos licenciandos a falar sobre a composição das substâncias utilizando as palavras: composto, ligações, elementos, átomos, cálcio (Ca), oxigênio (O), prata (Ag), flúor (F), ferro (Fe), selênio (Se), zinco (Zn), hidrogênio (H) e cloro (Cl), como pode ser comprovado no trecho de entrevista a seguir:

E8: A partir das fórmulas dos compostos, e considerando essas observações (aponta para o enunciado da questão) ... porque assim, dependendo dos compostos, você pode usar... então o que eu mais usei aqui foi a questão da ligação. Aí nesse caso, como a cal é formado por ... pelo cálcio, por exemplo, ele faz parte do grupo 1A ... 2A, e o oxigênio do grupo 16 (pega a tabela periódica), aí pela localização deles na tabela periódica, então você chega, você tem mais ou menos uma noção das ligações deles, aí a partir das ligações deles, você tem uma ideia da força de interação.

Uma vez que as fórmulas empíricas foram empregadas para fazer a discriminação e abstração de atributos não sensíveis acerca da composição química dos materiais, e, também, foram, responsáveis por generalizar os atributos não sensíveis, que depois passaram a ser expressos por palavras, consideramos que as fórmulas empíricas exerceram a função significativa.

Se a relação entre os materiais e os licenciandos ocorreu com a mediação de atributos não sensíveis, isto é, abstratos, inferimos que as estruturas de generalizações empregadas pelo pensamento desse grupo de licenciandos foram conceitos.

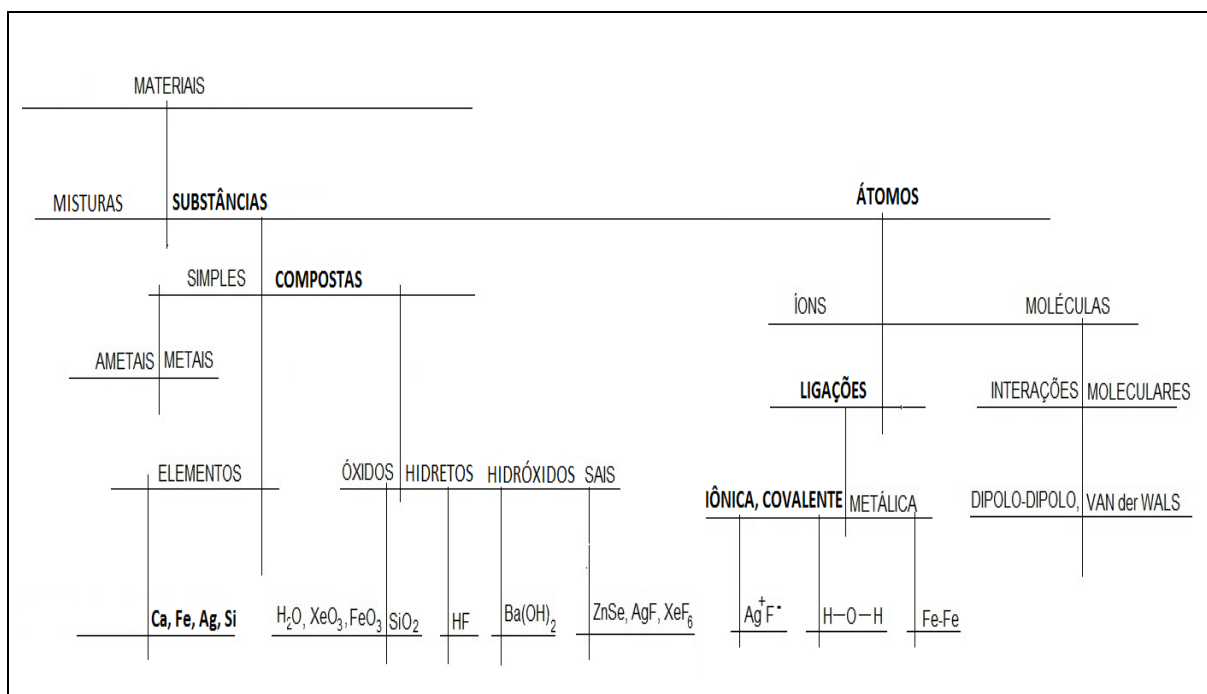
Usando o Esquema Conceitual de Referência (ECR, página 144) como parâmetro, evidenciamos os conceitos efetivamente utilizados por esse grupo de licenciandos expressos pelas palavras acima citadas colocando-os em negrito. Definimos, assim, o Esquema Conceitual 1 (Quadro 4), ou seja, delimitamos a região do sistema conceitual químico que foi empregada por E2, E3, E4, E7 e E8 para propor soluções para o problema 1.

Ao empregarem EC1, constatamos que E2, E3, E4, E7 e E8 pensaram inicialmente em determinar o tipo de LIGAÇÃO que constituía as SUBSTÂNCIAS COMPOSTAS<sup>33</sup> para avaliar que substância teria menor temperatura de fusão. Buscaram, então, a partir da interpretação das fórmulas empíricas identificar os ÁTOMOS que constituíam as substâncias. O resultado foi a identificação de: CÁLCIO (Ca), OXIGÊNIO (O), PRATA (Ag), FLÚOR (F), FERRO (Fe), SELÊNIO (Se), ZINCO (Zn), HIDROGÊNIO (H) e CLORO (Cl). Em seguida, determinaram os tipos de LIGAÇÕES para, por exemplo: AgF foi IÔNICA; e para HCl foi COVALENTE.

<sup>33</sup> Embora os licenciandos tenham utilizado a palavra “composto” nos seus discursos, optamos por manter em EC1 os termos “substância composta”, que usamos em ECR, já que ambas as expressões veiculam o mesmo significado «materiais constituídos por dois ou mais elementos químicos».

Diante do esquema conceitual EC1 e da descrição do movimento do pensamento dos licenciandos ao empregarem EC1 (Quadro 4), constatamos, em primeiro lugar, que as palavras “composição química” não foram mencionadas. O mesmo ocorrera em ECR. Logo, poderíamos pensar que COMPOSIÇÃO QUÍMICA não fora empregado. Isto, porém, não significa que COMPOSIÇÃO QUÍMICA não tenha sido empregado, pois os conceitos utilizados fazem parte do ECR, que representa COMPOSIÇÃO QUÍMICA.

Na realidade, todos os conceitos que compõem EC1, também estão presentes em ECR; contudo, notamos que existem muitos mais conceitos relacionados entre si compondo ECR, do que EC1. Em outras palavras ECR é muito mais amplo do que EC1, logo encontramos maior abrangência conceitual em ECR do que em EC1.



Quadro 4: Esquema conceitual 1 (EC1) usado por E2, E3, E4, E7 e E8 no problema 1.

Analisando as relações de generalidade entre os conceitos que formam EC1, observamos que:

I. SUBSTÂNCIA COMPOSTA tem maior grau de generalização do que CÁLCIO (Ca), OXIGÊNIO (O), PRATA (Ag), FLÚOR (F), FERRO (Fe), SELÊNIO (Se), ZINCO (Zn), HIDROGÊNIO (H) e CLORO (Cl), como podemos constatar no trecho de entrevista abaixo:

E4: Eu considerei que para quebrar essas ligações do selênio (Se) e do zinco (Zn) requer menor energia do que no quartzo, que tem silício (Si) e oxigênio (O), e é um composto covalente.

II. ÁTOMOS tem maior grau de generalização do que LIGAÇÕES:

E7: Pensando no tipo de ligação que elas realizam...

P: Que tipo de ligação esses compostos fazem?

E7: São ligações iônicas...

P: Como é que você chega a essa conclusão?

E7: Eu acho que... pelas espécies mesmo, pelos átomos de oxigênio e cálcio que estão presentes na fórmula...

III. LIGAÇÕES tem maior grau de generalização do que IÔNICA e COVALENTE, e estas entre si possuem mesmo grau de generalidade:

E2: No caso da letra C (aponta para a fórmula AgF) a ligação aqui ela é iônica né? Nessa aqui (aponta para a fórmula HCl), já predomina a ligação covalente, que é mais fraca, a intensidade da interação ela é mais fraca, então essa aqui (aponta para a fórmula HCl) vai ter menor ponto de fusão, então menos energia para quebrar essas ligações.

Para que um conceito possa ser formulado em termos de outros conceitos, como sugere a lei da equivalência entre os conceitos, pressupõe-se o estabelecimento de relações entre estes. Nos trechos de entrevistas ora analisados, inferimos que as interconexões são oriundas da relação de causa e consequência estabelecida entre tais conceitos, por exemplo: a LIGAÇÃO é IÔNICA porque ocorre entre OXIGÊNIO e CÁLCIO.

Outro motivo para as interconexões entre conceitos foi a necessidade de, diante do alto grau de abstração de alguns conceitos, exemplificar (concretizado) por meio de conceitos mais específicos, por exemplo: o conceito ÁTOMOS de elevado grau de abstração fora exemplificado por: CÁLCIO (Ca), OXIGÊNIO (O), PRATA (Ag), FLÚOR (F), dentre outros.

Os tipos de relações estabelecidas entre conceitos químicos pelos licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8 são indícios do emprego de um pensamento teórico que segue a lógica formal da química. Forma de pensamento que: a) ainda está presente nas aulas e nos livros didáticos de química; b) foi responsável pela ciência ter progredido significativamente, e c) expressa a verdade, embora esta não deva ser compreendida como absoluta, caso contrário poderá ser nociva à compreensão da realidade.

Portanto, comparando as relações de generalidade entre os conceitos de EC1 com as relações de generalidades entre esses mesmos conceitos em ECR, verificamos concordância, isto é, os licenciandos seguem a mesma lógica química que utilizamos para construir ECR.

Diante dos dados obtidos, concluímos que EC1 representou COMPOSIÇÃO QUÍMICA para os licenciandos enquanto resolviam o problema 1, já que EC1 está contido em ECR, esquema conceitual que definimos como representante do conceito em questão. Isto implica dizer que os licenciandos se relacionaram com as substâncias mencionadas no enunciado do problema 1 por meio de COMPOSIÇÃO QUÍMICA, embora este conceito tenha sido expresso pelos conceitos: SUBSTÂNCIAS COMPOSTAS, LIGAÇÕES, IÔNICA, COVALENTE, ÁTOMOS, Ca, O, Ag, F, Fe, Se, Zn, H e Cl.

Essa interdependência entre COMPOSIÇÃO QUÍMICA e os conceitos que constituem EC1, está de acordo com a ideia de que COMPOSIÇÃO QUÍMICA é uma generalização com alto grau de abstração, como fora pressuposto em ECR, embora tenhamos que levar em conta que os materiais não foram representados por muitos dos seus atributos não sensíveis, já que EC1 tem sistematização restrita se comparado com ECR.

O emprego de um sistema conceitual restrito como EC1, pode ter sido a causa para os licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8 terem utilizado apenas uma única estratégia para determinar entre os pares de materiais: cal e ferrugem; quartzo e seleneto de zinco; ácido muriático e fluoreto argêntico, qual teria menor temperatura de fusão. O trecho da entrevista abaixo exemplifica a estratégia pensada por esse grupo de licenciandos:

P: Basicamente você usou como critério o tipo de ligação entre os elementos, foi isso?

E4: Porque como a ligação química ela é uma força que resulta entre os elétrons de valência e o núcleo de dois átomos distintos ou dos mesmos átomos, então a força da ligação vai depender dessa interação, então eu considerei a questão da interação, da força mesmo.

E7: Para responder essa questão primeiramente tentei falar um pouco sobre o que é temperatura de fusão e relacioná-lo com a questão do rompimento das ligações químicas, só que eu acho que sem o conhecimento exato das espécies constituintes de cada uma das substâncias, fica um pouco complicado, a gente pode inferir de uma maneira geral, eu comecei a responder, mas, aí eu tentei lembrar de algumas espécies, que constitui cada composto. [...] a partir dessa informação das espécies que constitui cada substância, a gente pode inferir qualquer coisa sobre elas, sobre o ponto de fusão, sobre o próprio estado físico...

[...]

P: Você disse que  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tem ligação iônica, e seus átomos tem cargas iônicas menores do que  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , como sabe disso?

E7: Porque determinei a carga real de cada espécie na fórmula química, para o ferro é mais três e o oxigênio é menos dois.

P: Você sabe isso decorado? É de memória que você está colocando isso? Ou tem um outro modo de você chegar?

E7: Eu aprendi que nos óxidos, o oxigênio sempre tem carga -2, e aí faz o balanço de cargas:  $2- \times 3 = -6$ , logo se tenho ferros, para ter  $6+$ , e zerar o composto, a carga do ferro só pode ser  $3+$ . Foi assim que me ensinaram.... Faço o mesmo com a cal, e vejo que tem  $\text{Ca}^{+2}(\text{OH})^{1-}$ .

A sistematização restrita de EC1 nos fez acender o alerta para o emprego do conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA, pelos licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8 nos problemas 2 e 3, já que esperávamos dos licenciandos o emprego de um esquema conceitual mais amplo que demonstrasse o domínio dos significados do conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA, e as interconexões entre estes significados.

Realizada a análise sobre como os licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8 empregaram o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA para resolver o problema 1, a seguir iremos analisar como procederam os outros licenciandos.

Os licenciandos E1 e E5 empregaram um outro esquema conceitual para abordar a composição química dos materiais citados no problema 1. O trecho da entrevista com o licenciando E5 que apresentamos a seguir, exemplifica como este licenciando e E1 explicaram como propuseram soluções para o problema de número 1:

P: Por que você me pediu as fórmulas? Você buscou o que nelas?

E5: Pelo número... eu busquei encontrar a massa, e pela massa da molécula, eu saberia dizer qual é que tem ponto de fusão mais baixo.

P: Por que você pediu as fórmulas?

E5: Elas dizem o que está presente em cada substância.

P: Então você aqui viu o cálcio, e foi buscar...

E5: O valor da massa do cálcio.

P: Por que aqui tem assim  $16 + 16 + 16 \dots$ ?

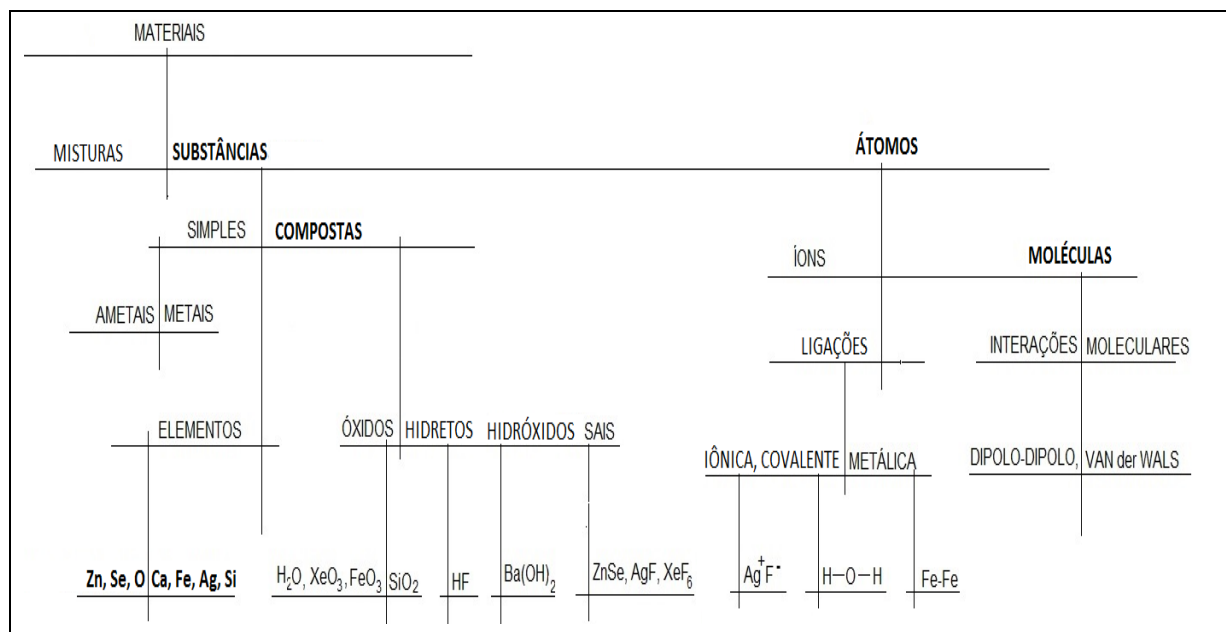
E5: Poderia ter sido  $16 \times 3$  né? Porque são 3 oxigênios que aparecem na fórmula.

P: Então essa é outra informação que a fórmula lhe dá? Além de lhe dizer as espécies, vai lhe dizer também ...

E5: A quantidade de repetição dela.

Analisando esse mesmo trecho de entrevista, podemos entender como E1 e E5 empregaram as fórmulas empíricas que representaram as substâncias enunciadas no problema 1. À vista da interpretação das fórmulas:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AgF}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  e  $\text{HCl}$  pelos licenciandos notamos que foram discriminados e abstraídos os atributos não sensíveis: substância, átomos, moléculas, cálcio (Ca), ferro (Fe), oxigênio (O), prata (Ag) e silício (Si). As fórmulas empíricas, também, cumpriram com a tarefa de relacionar as substâncias citadas no problema 1 com os atributos não sensíveis discriminados, o que significou inseri-las em um sistema conceitual formado por: SUBSTÂNCIA, ÁTOMOS, MOLÉCULAS, CÁLCIO (Ca), FERRO (Fe), OXIGÊNIO (O), PRATA (Ag) e SILÍCIO (Si). Logo, podemos concluir que as fórmulas empíricas foram usadas para significar e que, portanto, E1 e E5 pensaram por meio de conceitos. O esquema conceitual hierárquico 2 (EC2), apresentado no Quadro 5, representa o sistema conceitual veiculado pelas fórmulas empíricas segundo E1 e E5.

Analisando a fala de E5, citada anteriormente, inferimos que o movimento do pensamento iniciou pela identificação de que os materiais eram SUBSTÂNCIAS. No caso da cal, representada por  $\text{Ca(OH)}_2$  os constituintes eram MOLÉCULAS, que por sua vez eram formadas por CÁLCIO, OXIGÊNIO e HIDROGÊNIO.



Quadro 5: Esquema conceitual 2 (EC2) usado por E1 e E5 no problema 1.

Notamos que o mesmo movimento de pensamento é seguido por E1, como podemos constatar no trecho de entrevista abaixo, no qual explica como procedeu para determinar quem entre ferrugem e quartzo teria menor ponto de ebulição:

E1: O quartzo, silício, óxido de silício, acho que são seis, não sei de cabeça, mas é um óxido de silício, aqui eu vou só colocar SiO<sub>2</sub>, mas eu não lembro a fórmula, e seleneto de zinco (escreve a fórmula ZnSe), então... silício... (pausa para pensar). Quanto maior a massa molar, maior a temperatura de ebulição, silício 16, silício eu não sei...

P: Quer a tabela? O você vai olhar o que na tabela?

E1: Eu iria olhar a massa do átomo né? Mas o seleneto de zinco, eu não saberia..., mas, zinco é +2 (escreve na fórmula sobre o Zn), selênio -2 (escreve na fórmula sobre o Se), do grupo do oxigênio, então o zinco 79 aproximadamente, zinco 65 e o óxido de silício (escreve algo na fórmula do silício e fala muito baixo enquanto pensa). O óxido de silício teria menor ponto de fusão.

Neste caso, E1 pensa no material como **SUBSTÂNCIA COMPOSTA** pelos **ÁTOMOS: SILÍCIO, OXIGÊNIO, ZINCO e SELÊNIO**.

Em ambos os casos, após identificar os elementos constituintes das moléculas e os átomos das substâncias, E1 e E5 utilizaram os valores de massa atômica informados pela tabela periódica para calcular a massa molar de cada uma das substâncias. De posse desses valores, avaliaram quem apresentava menor massa, para, então, definir quem teria menor temperatura de fusão.

Quanto à relação de generalidade entre os conceitos que formam EC2, notamos que:

I. A relação entre os conceitos **SUBSTÂNCIAS** e **ÁTOMOS** é estabelecida ao se considerar que, no nível macroscópico, substâncias e misturas são compostas por átomos dos elementos

químicos. Uma vez que tais conceitos fazem referência à composição dos materiais, porém, em níveis descritivos diferentes, são considerados de mesma generalidade:

E1: Pela massa atômica de cada átomo da substância, calculo a massa molecular, mas eu veria que só o zinco já teria uma massa molecular maior. Só em olhar aqui o zinco é 65, eu já vejo que ele seria maior que toda a estrutura do  $\text{SiO}_2$ , sem somar o selênio.

P: Mas aqui (aponto para a fórmula do óxido de silício) por exemplo deu 32 por que?

E1: Eu somei o oxigênio duas vezes.

II. Por sua vez, SUBSTÂNCIAS e ÁTOMOS apresentam maior grau de generalização do que MOLÉCULAS:

P: Explica como você pensou no caso de ácido muriático e fluoreto de prata...

E5: As moléculas de HCl tem massa igual a 36 porque o átomo de hidrogênio é 1 e cloro 35. Já no caso do AgF teremos maior massa, veja que  $107 + 19 = 126$ . Quem tem menor massa tem menor ponto de fusão. Ou seja, a substância que tem menor ponto de fusão é o HCl.

III. Os conceitos com menor grau de generalização são: CÁLCIO (Ca), FERRO (Fe), OXIGÊNIO (O), PRATA (Ag), SILÍCIO (Si), CLORO (Cl), HIDROGÊNIO (H), ZINCO (Zn) e SELÊNIO (Se), PRATA (Ag) e FLÚOR (F), que servem como exemplares de ÁTOMOS, como podemos notar nos trechos de entrevistas acima.

Notamos que E1 e E5, também, seguiram a lógica da química, por isso as relações de generalidade entre os conceitos que formam EC2, não diferem das encontradas entre os conceitos de ECR. E assim como E2, E3, E4, E7 e E8, os licenciandos E1 e E5 relacionaram os conceitos segunda a relação de causalidade entre os mesmos, e decorrente da necessidade de exemplificar conceitos como maior alto grau de abstração. Portanto, concluímos que E1 e E5, também pensaram seguindo a lógica formal presente na origem da proposição dos conceitos químicos, o que os levou a operar sem dificuldades e a não cometer equívocos conceituais.

Contudo, não podemos esquecer que, na perspectiva da lógica dialética, é possível que os licenciandos adquiram uma maior compreensão acerca dos processos naturais, que possuem uma dinâmica peculiar (ALMEIDA; OLIVEIRA; ARNONI, 2007). Essa característica dos processos naturais engendra nos licenciandos uma maneira de pensar capaz de reproduzir o movimento constante e incessante de tais processos, e que os leva a penetrar nas camadas mais íntimas da realidade, fazendo-os pensar sobre os elementos dessa realidade por meio de concepções abstratas. Portanto, cabe aos licenciandos ampliarem o domínio acerca do conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA para que possam interpretá-los e explica-los na sua



totalidade, o que implica analisar as relações entre suas partes e o todo no qual está inserido. Dessa maneira os licenciandos conseguem ir além da simples ação de operar com tal conceito.

Comparando EC2 com EC1, notamos que E1 e E5 empregaram menos conceitos que E2, E3, E4, E7 e E8 para resolver o problema 1. Inferimos que isto tem relação com o tipo de estratégia pensada para buscar soluções para o problema. A escolha de utilizar o critério da massa molar para comparar as substâncias requereu o estabelecimento de relações entre menos conceitos, do que a estratégia de comparar as interações químicas constituintes das substâncias.

Inferimos que EC2 diferiu de EC1, uma vez que foi estruturado em conhecimentos teóricos que E1 e E6 dispuseram para interpretar a situação problema que haviam de resolver, conhecimentos que não foram os mesmos utilizados por E2, E3, E4, E7 e E8. Os licenciandos E1 e E5 adotaram, então, uma estratégia de resolução do problema distinta da que fora adotada por E2, E3, E4, E7 e E8, e seguiram processos mentais diferentes. Este resultado evidenciou a possibilidade de se empregar esquemas conceituais diferentes, para se tentar resolver uma mesma situação problema.

Os conceitos que constituem EC2 fazem parte de ECR, portanto, se ECR representa COMPOSIÇÃO QUÍMICA, podemos considerar que EC2, também, o representa. Isto significa que para falarem sobre os materiais citados no enunciado do problema 1, E1 e E5 pensam por meio do esquema conceitual 2 (EC2), cujos conceitos fazem referência aos aspectos qualitativos da COMPOSIÇÃO QUÍMICA dos materiais.

A interdependência entre COMPOSIÇÃO QUÍMICA e EC2, implica em concluirmos que COMPOSIÇÃO QUÍMICA é uma generalização com alto grau de abstração, embora, se o compararmos com EC1 e ECR, constatamos que os materiais tiveram poucos atributos não sensíveis discriminados, conferindo a EC2 uma sistematização muito restrita.

A estratégia requereu, também, que por meio da interpretação das fórmulas  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AgF}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  e  $\text{HCl}$ , os licenciandos E1 e E5 observassem o aspecto quantitativo da COMPOSIÇÃO QUÍMICA das substâncias:

P: Então você pode dizer que para resolver a questão você foi fazer o cálculo da massa molar?

E5: Isso.

P: Para fazer o cálculo da massa molar você precisou das fórmulas por causa de duas coisas, para saber quais as espécies envolvidas e a ...

E5: Quantidade.

Contudo, embora E1 e E5 façam uso do conceito QUANTIDADE, os números subscritos à direita dos símbolos representam as PROPORÇÕES entre os elementos

constituintes das substâncias. Vale ressaltar que ambos os conceitos ora mencionados fazem parte da matemática, área de conhecimento que, neste caso, se relaciona com a química.

Inferimos que o aspecto quantitativo da COMPOSIÇÃO QUÍMICA não foi empregado pelos licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8, já que a estratégia de comparar as substâncias de acordo com as interações interatômicas não depende da definição das proporções entre os elementos constituintes das substâncias.

A análise sobre como os licenciandos empregaram o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA nos levou a constatar que, nas explicações apresentadas pelo licenciando E6 durante a resolução do problema 1, ao interpretar<sup>34</sup> as fórmulas empíricas o licenciando discriminou e abstraiu outros conceitos químicos— atributos não sensíveis — que ainda não haviam sido mencionados pelos outros licenciandos. Tal constatação foi feita a partir da reflexão sobre trechos da entrevista, como o apresentado a seguir:

E6: Então quem tem o menor ponto de fusão seria o seleneto em relação ao quartzo. Aqui eu explicaria da seguinte maneira, a sílica tem maior ponto de fusão, essas interações covalentes pra fundir aqui (aponta para a fórmula da sílica) esse composto teria que quebrar ou enfraquecer essas interações covalentes entre  $\text{SiO}_2$  e outro  $\text{SiO}_2$ , né? Muito forte.

Aqui a gente teria ligação iônica (aponta para o seleneto de zinco), mas apesar de ser um composto aparentemente iônico, metal-ametal, a gente tem aqui átomos de zinco e selênio, que na interação formam uma molécula. A ligação de uma molécula com outra, já seria mais fraca comparando com essas interações entre essas entidades aqui (aponta para a fórmula de vários  $\text{SiO}_2$  ligados), essa interação aqui é muito forte.

[...] O ácido muriático que é o HCl (escreve as cargas sobre o H e o Cl), pela força eletrostática, tem menor ponto de fusão. Porque aqui (HCl) nós temos um composto molecular, e aqui um composto iônico (AgF). Aqui (aponta para o AgF), aqui nós temos íons, com caráter iônico bem mais forte do que esse outro aqui (HCl). Esse outro aqui (HCl), também, tem caráter iônico, apesar de ser um composto predominantemente molecular.

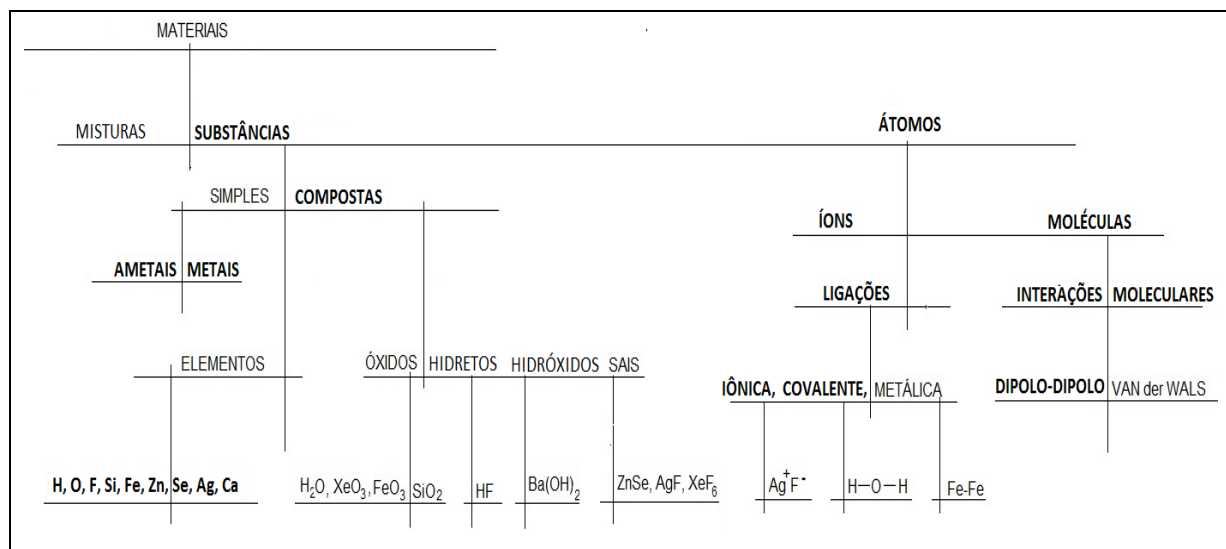
Analisando pela força eletrostática, a força iônica aqui (aponta para o AgF) composto iônico, e aqui (HCl) composto molecular, as interações entre as partículas de HCl, são do tipo dipolo-dipolo que, em comparação com a ligação iônica, é mais fraca.

Os conceitos discriminados e abstraídos, foram, então, relacionados entre si formando um sistema conceitual, no qual foram inseridas as substâncias enunciadas no problema 1, já que o sistema fora formado para que E6 pensasse sobre as mesmas. Portanto, concluímos que as fórmulas empíricas exerceram a função de significação.

---

<sup>34</sup> A explicação sobre como a atividade de interpretação se realiza não foi objeto de estudo deste trabalho. Contudo, esse estudo foi desenvolvido e seus resultados estão apresentados em outro artigo.

Diante dos conceitos químicos citados por E6 no trecho de entrevista acima, elaboramos o esquema conceitual hierárquico 3 (EC3) apresentado no Quadro 6.



Quadro 6: Esquema conceitual 3 (EC3) usado por E6 para resolver o problema 1.

Tomando como referência as falas de E6, inferimos que ocorreu inicialmente a identificação dos **ÁTOMOS** que constituem as **MOLÉCULAS**. Tais **ÁTOMOS** foram: **CÁLCIO (Ca)**, **FERRO (Fe)**, **OXIGÊNIO (O)**, **PRATA (Ag)**, **SILÍCIO (Si)**, **CLORO (Cl)**, **HIDROGÊNIO (H)**, **ZINCO (Zn)** e **SELÊNIO (Se)**, **PRATA (Ag)** e **FLÚOR (F)**. Em seguida os classificou quanto ao caráter metálico, ou seja, quais eram **AMETAIS** e quais os **METAIS**. Passou, na sequência, a avaliar o tipo de **LIGAÇÃO** entre os **ÁTOMOS**, definindo que umas eram **IÔNICA**, outras **COVALENTE**. Nos casos das **SUBSTÂNCIAS** formadas por **MOLÉCULAS**, definiu que o tipo de **INTERAÇÃO MOLECULAR** era **DIPOLO-DIPOLO**. Feitas as classificações, comparou a intensidade da força dessas interações para definir entre os pares de substâncias, quem teria menor temperatura de fusão.

Contudo, E6 identificou que algumas substâncias apresentavam o mesmo tipo de ligação química. Nestes casos, E6 teve que pensar de forma diferente, embora tenha usando o mesmo esquema conceitual EC3:

E6: Então aqui tem a cal e a ferrugem que é  $FeO_3$ , não é isso? Então aqui o tipo de interação é praticamente o mesmo, aí seria no caso a iônica, nos dois casos a iônica, e, portanto, iria pela massa, você fala aqui (se referindo ao enunciado do problema), quanto maior a massa ..., então eu teria que calcular aqui (apontando para a fórmula  $Ca(OH)_2$ ),  $40 + 16 + 2$ , não é? Daria 58, e ferrugem seria  $48 + 112$  daria 160, então, a ferrugem teria maior ponto de ebulição por isso, né? Que a massa dele é maior de acordo com esse critério aqui.

Após identificar as **SUBSTÂNCIAS** formadas pelo mesmo tipo de **LIGAÇÃO**, E6 percebeu que deveria fazer uso dos valores de massa atômica de **CÁLCIO (Ca)**, **FERRO (Fe)**, **OXIGÊNIO (O)**, **PRATA (Ag)**, **SILÍCIO (Si)**, **CLORO (Cl)**, **HIDROGÊNIO (H)**, **ZINCO**

(Zn) e SELÊNIO (Se), PRATA (Ag) e FLÚOR (F) para calcular a massa molar de cada SUBSTÂNCIA. Em seguida, comparou esses valores, a fim de identificar quem teria menor massa molar, conseqüentemente, quem teria a menor temperatura de fusão.

Acerca das relações de generalidade entre os conceitos de EC3, notamos que:

I. SUBSTÂNCIA está superordenado ao conceito COMPOSTO, já que, este é um tipo de substância formada por mais de um tipo de elemento:

P: Essa informação de que isso aqui ( $\text{SiO}_2$ ) é um composto covalente, você tira da fórmula, ou você busca nos conhecimentos que você tem?

E6: Nos conhecimentos anteriores teóricos, também...[...] por exemplo, eu sei que hidreto de berílio é um composto formado de hidrogênio e berílio, que tem maior caráter molecular agora, se eu não me engano, cloreto de alumínio também. Então assim, eu fui por essa informação que eu sei que essa interação aqui é muito forte, retículo cristalino da sílica ela é, na areia por exemplo, eu fui buscar essas informações.

II. SUBSTÂNCIAS COMPOSTAS tem maior grau de generalização do que METAIS e AMETAIS, como podemos inferir do seguinte trecho de entrevista, no qual E6 tenta explicar como classificou o tipo de ligação que forma o seleneto de zinco:

E6: Porém, a pesar de ser um composto aparentemente iônico, metal-ametal, apesar que a gente não pode analisar assim por esse critério, mas aparentemente como eu não tenho dados suficientes aqui, julgando ele como iônico, aí eu teria que analisar que ele teria um forte caráter covalente...

III. METAIS e AMETAIS são mais gerais do que CÁLCIO (Ca), FERRO (Fe), OXIGÊNIO (O), PRATA (Ag), SILÍCIO (Si), CLORO (Cl), HIDROGÊNIO (H), ZINCO (Zn) e SELÊNIO (Se), PRATA (Ag) e FLÚOR (F), como podemos constatar no trecho de entrevista abaixo, no qual E6 explica porque ao escrever as fórmulas AgF inverteu a sequência dos elementos apresentados no nome das substâncias, colocando primeiro prata e depois flúor:

E6: Quando a gente vai montar a fórmula de um composto inorgânico, a gente coloca sempre o mais eletronegativo mais na extremidade direita, é um criteriozinho de eletronegatividade. Tem também a composição de um composto iônico convencionalmente o metal (Ag) vem primeiro depois o ametal (F), mas assim, a gente vem seguindo esse critério da eletronegatividade, maior eletronegatividade fica na extremidade direita.

IV. Uma vez que, os conceitos SUBSTÂNCIAS e ÁTOMOS fazem referência aos materiais, porém, em níveis descritivos diferentes, são considerados de mesma generalidade. Por sua vez, SUBSTÂNCIAS e ÁTOMOS apresentam maior grau de generalização do que MOLÉCULAS e ÍONS, que entre si apresentam mesmo grau de generalização. Por sua vez, ÁTOMOS, MOLÉCULAS e ÍONS têm maior grau de generalização do que LIGAÇÕES:

E6: Aqui a gente teria ligação iônica (aponta para o seleneto de zinco), mas com forte caráter covalente, então, nesse composto aqui (aponta para o seleneto de zinco) tem um forte caráter covalente, só que a ligação covalente

aqui que estou me referindo é entre os átomos, mas para fundir teria que quebrar ligações entre moléculas no caso, se isto, considerando isso como molécula, certo?

V. LIGAÇÕES tem maior grau de generalização do que IÔNICA e COVALENTE, e estas entre si possuem mesmo grau de generalidade, pois, ambos são tipos distintos de interações, a primeira entre ÍONS e a segunda entre ÁTOMOS, como comprovado no trecho de entrevista acima.

VI. LIGAÇÕES e INTERAÇÕES MOLECULARES apresentam mesmo grau de generalidade, uma vez que tratam dos tipos de interações eletrostáticas que podem existir entre ÁTOMOS e MOLÉCULAS:

E6: Essa força iônica aqui (aponta para o AgF) do composto iônico, e aqui (aponta para o HCl) composto molecular, as interações aqui (HCl), são do tipo dipolo-dipolo entre as partículas de HCl, do tipo dipolo-dipolo é uma ligação forte em relação as outras forças de Van der Waals, dipolo instantâneo-dipolo induzido, mas em relação a ligação iônica que é o caso do fluoreto de prata, não é. Não seria uma ligação tão forte, ela seria fraca em relação a ligação iônica.

VII. INTERAÇÕES MOLECULARES possuem maior grau de generalização que DIPOLO-DIPOLO, pois, como podemos constatar no trecho de entrevista acima, trata-se de um tipo específico de atração eletrostática entre moléculas.

A vista do exposto, constatamos que o licenciando E6 estabeleceu as mesmas relações de generalidade apresentadas entre os conceitos que compõem ECR. Além de relacionar conceitos que constituem EC3 valendo-se da relação de causalidade entre os mesmos, e da necessidade de exemplificar conceitos como maior alto grau de abstração por meio de conceitos com menor grau de abstração e generalização. O licenciando E6 relaciona os conceitos seguindo a lógica da química na qual estabelece uma sequência de derivações de conceitos, por exemplo: de INTERAÇÕES MOLECULARES foi criado DIPOLO-DIPOLO, um tipo específico de atração eletrostática entre moléculas.

Inferimos que o modo como E6 estabeleceu as interconexões entre os conceitos constituintes de EC3 decorreu da maneira como se apropriou dos conceitos científicos durante sua formação escolar, uma vez que cabe a educação escolar, mais especificamente, aos professores de química ensinar, por meio da formalização de regras lógicas, quando um conceito químico se coordena e se subordina a outros.

Estabelecendo comparações entre EC3 e os esquemas conceituais EC2 e EC1 empregados pelos licenciandos E1 e E5, e por E2, E3, E4, E7 e E8, respectivamente, para resolver o problema 1, notamos que a quantidade de conceitos relacionados em EC3 é expressivamente maior. Podemos, então, afirmar que EC3 apresenta uma sistematização mais

ampla que EC1 e EC2, o que significa dizer que os materiais foram representados por mais dos seus atributos não sensíveis, por meio de EC3 do que por meio de EC1 e EC2.

Relacionamos a maior abrangência de EC3 ao fato de E6 ter pensado em mais de uma estratégia para resolver o problema 1. Inicialmente, E6 pensou em determinar entre os pares de substâncias aquela que teria menor ponto de fusão fazendo a comparação das intensidades das ligações químicas e interações moleculares que constituíam cada substância. Porém, diante de substâncias formadas pelo mesmo tipo de ligação química, por exemplo, E6 decidiu usar o critério da massa molar para comparar as substâncias (ver o trecho de entrevista na página 162).

Todavia, mesmo apresentando sistematização mais ampla que EC1 e EC2, notamos que o esquema EC3 ainda não é tão amplo quanto ECR. Na realidade, EC3 é parte de ECR. Diante de tal constatação, inferimos que E6, embora não tenha mencionado os termos “composição química”, empregou o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA por meio de EC3. Consideramos, então, que o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA é mais abstrato que EC3.

O esquema conceitual EC3 faz referência aos aspectos qualitativos da COMPOSIÇÃO QUÍMICA dos materiais, principalmente, quando E6 usa a estratégia de comparar as interações entre os constituintes das substâncias. Contudo, a estratégia de comparar os valores de massa molar das substâncias requereu que, também, fosse considerado o aspecto quantitativo de COMPOSIÇÃO QUÍMICA:

P: Embora o enunciado da questão não tenha as fórmulas, você teve a necessidade de escrever as fórmulas, que informações foi buscar?

E6: Eu tô buscando aqui dados dos elementos constituintes, inclusive usando a tabela periódica. Se é ligação iônica, covalente; e no caso de ter que calcular a massa molar, tive que ver as quantidades deles.

Assim como observamos em relação a E1 e E5, a interpretação dos números subscritos à direita dos símbolos nas fórmulas empíricas levou a E6 falar em QUANTIDADE dos elementos, ao invés de PROPORÇÕES entre os elementos constituintes das substâncias.

Ao utilizar o conceito QUANTIDADE, E6 recorreu à matemática, outra área de conhecimento. Além de relacionar o sistema conceitual químico com o sistema conceitual matemático, o licenciando estabeleceu relações entre a química e a física, ao tentar identificar entre as substâncias cal e ferrugem, qual teria menor ponto de fusão:

E6: Eu acho que a ferrugem realmente tem maior ponto de fusão porque, eu explicaria pela interação, né? Mas como o tipo de interação é praticamente o mesmo, atração eletrostática entre íons, talvez não dê para avaliar. Pela relação carga/raio, comparando cálcio em relação ao ferro, como o ferro é menor do que o cálcio, e ainda tendo carga maior, o íon dele é  $\text{Fe}^{3+}$ , carga

maior e raio menor vai dar uma força eletrostática maior, então teria ponto de fusão maior.

P: Você vai usar a relação carga/raio?

E6: É porque na física tem essa relação, aqui ó, força elétrica na física é:  $n \times Q_2 / d^2$ , por isso quando a gente fala relação carga/raio ele vai analisar isso daqui carga do íon positivo e do negativo, entre duas partículas carregadas né? Sobre a distância, então aí quem vai competir aqui seria a ferrugem que é o  $\text{FeO}_3$  com o óxido de cálcio, então esse aqui (marca a fórmula do óxido de cálcio) teria menor ponto de fusão, e aqui (aponta para a fórmula do  $\text{FeO}_3$ ) maior ponto de fusão. Bem, só para concluir aqui então o cálcio menor raio, menor distância, o oxigênio é o mesmo então vai ser o mesmo para os dois, então ele (aponta para o cálcio na fórmula) tem o menor raio, vai ter menor distância em relação ao ferro, a gente analisa o raio pelo crescimento no período (aponta o símbolo do cálcio na tabela periódica) ele tá mais na esquerda e o ferro mais para direita, e além disso o ferro tem maior carga, então vai ser mais três aqui (aponta para a fórmula física), no caso seria mais dois, bem então essa relação seria maior.

O fato de E6 recorrer a outras formas de conhecimento além do químico para entender os materiais, nos faz inferir que o licenciando foi capaz relacionar regiões diferentes (realidades) que compõem o sistema conceitual designado de Ciências da Naturais, por meio do qual são compreendidos os fenômenos naturais, “o Universo, o espaço, o tempo, a matéria, o ser humano, a vida seus processos e transformações” (BRASIL, 1998, p.23).

Após analisarmos o emprego de COMPOSIÇÃO QUÍMICA no problema 1, passamos à análise de como os licenciandos empregaram esse signo no problema 2, já que as resoluções dos três problemas propostos requeriam o conhecimento da composição dos materiais citados nos seus enunciados.

A seguir apresentamos trechos das entrevistas com os licenciandos durante a resolução do problema 2. Especificamente no problema 2 o signo COMPOSIÇÃO QUÍMICA foi empregado para a determinação da massa de dihidróxido de bário correspondente à 0,025 mols de hidróxido de bário ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ). As falas de E3 e E7 exemplificam como todos os licenciandos explicaram como procederam para fazer essa determinação:

P: O que você vai fazer com essa fórmula?

E3: Pegar a massa de cada átomo, somar e aí eu vou ter a massa do composto... a massa molar do composto. São dois hidrogênios, então vai ser dois, com mais dois oxigênios, e o bário (olha a tabela e escreve, depois calcula) 171.

P: Então, que informação você precisa tirar da fórmula?

E3: Da fórmula? Eu preciso saber o número de ... a quantidade de cada elemento do composto na fórmula para poder calcular a massa final, porque cada elemento tem a sua massa e aí eu preciso multiplicar se tem dois oxigênios, três, quatro a gente vai ter o equivalente àquela quantidade do elemento, no caso dos dois oxigênios e dos dois hidrogênios.

P: Você me pediu a fórmula, que informações você tirou da fórmula para calcular a massa molar?

E7: Bom eu tô retirando no caso a quantidade de cada um dos elementos dessa molécula, que seria a quantidade de oxigênio, a quantidade de hidrogênios, a quantidade de bário, e o fazer o cálculo direto, a partir dos valores de massa da tabela periódica.

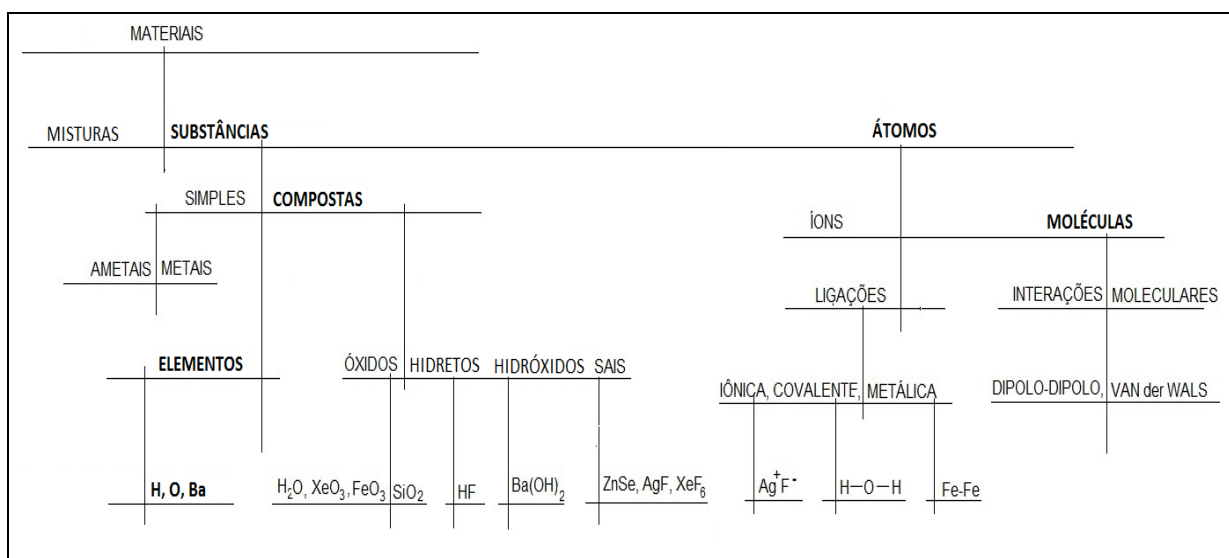
P: Então a gente só tem mesmo as quantidades dos elementos.

E7: Isso, e os próprios elementos também.

Constatamos que os licenciandos interpretaram que a fórmula é a expressão para: SUBSTÂNCIA COMPOSTA, ELEMENTOS, ÁTOMOS, MOLÉCULAS, HIDROGÊNIO, OXIGÊNIO e BÁRIO, conceitos relacionados ao aspecto qualitativo de COMPOSIÇÃO QUÍMICA. Mas, também, interpretaram que os números subscritos aos símbolos faziam referência ao aspecto quantitativo. Relacionaram, então, o conceito matemático de QUANTIDADE com os conceitos químicos citados.

Portanto, constatamos que os licenciandos, assim como fizeram no problema 1, continuaram a usar as fórmulas empíricas com a função de significação.

Os conceitos empregados para resolver o problema 2 e as relações estabelecidas entre eles estão representados no esquema conceitual 4 (EC4) apresentado no Quadro 7.



Quadro 7: Esquema conceitual 4 (EC4) usado por todos os licenciandos para resolver o problema 2.

Os licenciandos diante do problema 2 pensaram em calcular a massa correspondente a 0,025 mols de hidróxido de bário e, demonstraram saber que para esse cálculo seria preciso identificar as QUANTIDADES de ÁTOMOS, para alguns dos licenciandos, ou de ELEMENTOS para outros. Consideraram, então, que a barita cáustica é uma SUBSTÂNCIA COMPOSTA que é constituída por MOLÉCULAS formadas por ÁTOMOS de HIDROGÊNIO (H), OXIGÊNIO (O) e BÁRIO (Ba). Uma vez identificados os ÁTOMOS ou os ELEMENTOS, recorreram à Tabela Periódica para obterem os valores de massa atômica de cada um deles. Em seguida multiplicaram as QUANTIDADES de cada ÁTOMO indicada na fórmula pelos valores de massa atômica específica de cada ÁTOMO, e



por fim, somaram os resultados das multiplicações para obter a massa molar da barita cáustica.

A seguir apresentamos o trecho de entrevista com o licenciando E6, para exemplificar com os licenciandos raciocinaram para resolver o problema 2, usando EC4:

E6: Preparar uma solução de 1mol/litro da substancia barita cáustica, então, essa seria a concentração molar que vai ser igual (escreve a eq. Matemática) igual a n do soluto e volume da solução (faz os cálculos), resolvendo isso aqui acho o número de mols que vai dar 0,025.

O que eu vou fazer na verdade é o seguinte... (pausa para pensar), eu tenho o número de mols, e daqui eu acho massa certo? Se eu tenho a massa que é... poxa para achar essa massa...teria que dividir ... essa massa aqui eu vou ter que multiplicar pela massa molar né (escreve  $n=m/M$ ) ?

Massa molar... então vai ser o que? Massa do soluto é igual a  $(n \times M)$ . Deixa eu colocar logo aqui, o átomo de bário eu considero 137, do átomo de oxigênio é com mais 1 do hidrogênio. Faço  $(17 \times 2)$  é igual a 34 né? Depois  $137 + 34=171$ . Então  $171 \times 0,025$ ... Então eu encontrei a massa do soluto 4,275g.

Vimos que na resolução do problema 1, os licenciandos não fizeram uso das palavras “composição química”, contudo, consideramos que o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA foi empregado pelos licenciandos, uma vez que os esquemas conceituais EC1, EC2 e EC3, usados para resolver o problema 1, representaram o conceito em questão.

Diante do problema 2, os licenciandos não procederam de forma diferente. Neste caso, consideramos que EC4 representa COMPOSIÇÃO QUÍMICA, uma vez que tal esquema é parte do esquema conceitual de referência (ECR), o qual consideramos como sendo a sistematização mais ampla para representar COMPOSIÇÃO QUÍMICA. Embora EC4 seja formado por conceitos que, também, se encontram em ECR, não podemos negar que o mesmo apresenta uma quantidade de conceitos relacionados entre si muito menor que ECR. O fato de EC4 apresentar uma sistematização restrita, significa que foram poucos os atributos não sensíveis discriminados e abstraídos da fórmula empírica  $Ba(OH)_2$  que representa o material barita cáustica (dihidróxido de bário) pelos licenciandos.

Todavia, a sistematização restrita de EC4 não impede que consideremos que, os licenciandos se relacionaram com o material barita cáustica, citado no enunciado do problema 2, por meio do conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA.

Comparando EC4 com os outros esquemas conceituais EC1, EC2 e EC3 — usados para resolver o problema 1— constatamos que a diferença entre EC1 e EC4 é a ausência nesse último dos conceitos referentes às interações atômicas, além de EC1 não ter sido relacionado ao aspecto quantitativo de COMPOSIÇÃO QUÍMICA. Por exemplo, os licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8 que não relacionaram EC1 com o conceito QUANTIDADE no problema 1,

fizeram tal relação no problema 2 ao empregarem EC4, já que este problema requeria o aspecto quantitativo da COMPOSIÇÃO QUÍMICA da substância em questão para realizar o cálculo da massa molar. Já os conceitos relacionados às interações atômicas empregados no problema 1, não foram usados no problema 2, uma vez que o cálculo de massa molar, necessário para resolver este problema, não requereu tais conceitos.

Entre EC2 e EC4 observamos muitas semelhanças, na realidade, praticamente foram formados pelos mesmos conceitos, e ambos foram relacionados ao conceito QUANTIDADE. Isto por que E1 e E5, que empregaram EC2 no problema 1, utilizaram como estratégia o cálculo da massa molar para comparar as substâncias e decidir entre elas qual teria menor temperatura de fusão. A mesma estratégia, ou seja, o cálculo de massa molar fora usado na resolução do problema 2, logo, empregaram EC4 que é praticamente formado pelos mesmos conceitos que compõem EC2.

Em relação a EC3 e EC4, podemos dizer que EC4 está contido em EC3, e que ambos foram relacionados ao conceito matemático de QUANTIDADE. Isto pode ser percebido quando E6, que empregou um esquema conceitual de sistematização ampla — no caso EC3 — para resolver o problema 1, se limita a usar apenas uma parte desse sistema para resolver o problema 2. Para resolver este último problema, E6 não empregou os conceitos relacionados às interações atômicas e moleculares que havia utilizado, no problema 1, para comparar as substâncias e definir quem teria menor temperatura de fusão. E6 usou apenas os conceitos que julgou necessários para o cálculo da massa molar da substância. Tais conceitos são os mesmos que compõem EC4 empregado para resolver o problema 2.

Destarte, a comparação entre os esquemas conceituais EC1, EC2 e EC3 empregados no problema 1 e o esquema conceitual EC4 empregado no problema 2, nos leva a inferir que os licenciandos definiram os esquemas conceituais a serem empregados a partir da estratégia que identificam como necessária para resolver os problemas. Como as estratégias são definidas pelo contexto, ou seja, pelos enunciados dos problemas, consideramos que a definição do esquema conceitual a ser utilizado para resolver os problemas depende do contexto.

Tal constatação nos faz pensar que, no âmbito da educação escolar, ao exercer seu papel de orientador do processo de aprendizagem, o professor ao ensinar conceitos científicos não deve se limitar a indicar seus atributos sensíveis e não sensíveis, ou a defini-lo, é preciso propor atividades que demandem: o emprego do conceito; o uso dos atributos essenciais como ponto de referências no processo de atividades específicas que garantam a assimilação desse conceito; o uso de definições dos conceitos. Dessa maneira, o professor propicia situações de

aprendizagem que permitem a construção da definição do conceito científico e, também, sua aplicação.

Anteriormente afirmamos o quanto EC4 é semelhante a EC2, uma vez que são formados pelos mesmos conceitos químicos. A semelhança, também, é observada quanto à relação de generalidade entre os conceitos que formam ambos os esquemas conceituais:

I. SUBSTÂNCIAS e ÁTOMOS são considerados de mesma generalidade:

E1: Molaridade é massa sobre volume vezes peso molecular (escreve outra equação matemática). É... densidade é massa sobre volume, então seria densidade sobre peso molecular. A molaridade e a densidade eu tenho, 3,74 e o peso molecular eu cálculo pela fórmula (aponta para a fórmula química escrita desde do início da resolução do problema).

P: e qual é esse valor? É esse aqui? (aponto para um cálculo feito no início da resolução da questão)

E1: Isso 171, é porque essa substância (aponta para a fórmula  $\text{Ba(OH)}_2$ ) é formada por átomos de hidrogênio, oxigênio e bário, e os valores da tabela periódica são: 1, 16 e 137...

III. SUBSTÂNCIAS e ÁTOMOS apresentam maior grau de generalização do que MOLÉCULAS:

P: Como é que você calculou a massa molar da barita?

E4: Eu olhei na tabela periódica as massas de cada átomo que compõe as moléculas de hidróxido de bário, pra cada mol dessa substância existe essa massa, eu considerei que é um mol dessa massa entendeu?

IV. SUBSTÂNCIAS e ELEMENTOS, aparecem relacionados em EC4, mas não em EC2.

A forma como os licenciandos usam esses conceitos, nos faz inferir que SUBSTÂNCIA apresenta maior grau de generalização que ELEMENTOS, já que este último é tido como atributo não sensível que, uma vez discriminados e abstraídos, podem caracterizar as SUBSTÂNCIAS em SUBSTÂNCIAS SIMPLES ou COMPOSTAS:

E8: Eu vou calcular a quantidade de  $\text{Ba(OH)}_2$  em mol que corresponde a massa dos elementos que compõem a substância, é 137 mais dois de 16...17, 17 vezes dois, 171... Aí esse aqui é pra um mol, eu tenho 171 gramas em um mol, em 50 que ele diz que a solução tem 50% de barita cáustica.

V. Os conceitos com menor grau de generalização são HIDROGÊNIO (H), OXIGÊNIO (O) e BÁRIO (Ba), que são exemplares de ÁTOMOS ou de ELEMENTOS, logo se encontram subordinados a estes conceitos:

E3: Pegar a massa de cada um, somar e aí eu vou ter a massa do composto... a massa molar do composto. São dois átomos de hidrogênios, então vai ser dois, com mais dois de oxigênios, e do bário (olha a tabela e escreve, depois calcula) 171.

Diante da análise das relações de generalidade entre os conceitos que compõem EC4, constatamos que os licenciandos ao resolverem o problema 2, se basearam na lógica da

química. Sendo assim, as relações de generalidade entre os conceitos que formam EC4, não diferem das encontradas entre os conceitos de ECR.

Sabemos que é por meio das regras lógicas que se realiza o ensino dos conceitos científicos (NUÑEZ, 2009). No âmbito escolar, os sistemas conceituais se fundamentam e devem ser compreendidos na dinâmica dos sentidos e significados que adquirem nas relações que se estabelecem entre eles segundo as teorias científicas que são portadoras de uma lógica própria, portanto, consideramos que o fato dos licenciandos seguirem à lógica química demonstrou que as relações estabelecidas entre os significados que compõem os esquemas conceituais decorrem do ensino escolar, e que não foram formadas com base na experiência de tentativa e erro, isto é, de forma espontânea.

O problema de número 3 envolvia o processo de determinação da variação de entalpia padrão de uma certa substância. Esse processo dependia da escrita da equação química da hidrólise lenta do hexafluoreto de xenônio, na presença de umidade do ar, que leva à produção de trióxido de xenônio sólido e ácido fluorídrico gasoso, uma vez que, o referido cálculo envolve as quantidades de matéria das substâncias participantes, representadas pelos coeficientes numéricos presentes na equação química. Por sua vez, a determinação das quantidades de matéria, definidas no balanceamento, depende da escrita das fórmulas empíricas que representam as substâncias envolvidas e que constituem a equação química.

A estratégia de raciocínio dos licenciandos foi única como podemos comprovar nos trechos de entrevistas dos licenciandos E4, E6 e E7, abaixo, que representam as falas de todos:

E4: Aqui fala de uma reação de hidrólise, uma reação química, só que ele apresenta os nomes das substâncias, mas não fornece as fórmulas químicas, então pra quem não sabe fica difícil. Aí eu olhei na tabela periódica e pensei que as fórmulas seriam essas.

P: Mas por que você montou a equação química?

E4: Porque a questão traz a reação de hidrólise, e pra essa questão é necessário que a gente saiba essa equação aqui, pra encontrar a variação de entalpia que a questão pede, porque cada substância dessa possui uma entalpia padrão, então eu não poderia resolver a parte sem a fórmula e sem a equação, até porque a equação em si não traz o balanceamento, então eu ainda tive que fazer o balanceamento.

P: Por que você balanceou?

E4: Eu balanceei porque a mesma quantidade de coeficiente das substâncias tem que estar aqui... tanto nos reagentes como nos produtos. Então, assim, se aqui (aponta para a fórmula do trióxido de xenônio) tem um átomo de xenônio, aqui (aponta para a fórmula do hexafluoreto de xenônio) também tem que ter um átomo de xenônio, pra equilibrar a reação, a equação toda. Então depois que faz esse balanceamento é que a gente determina, que a gente coloca... Eu faço assim quando eu já contei o número da entalpia

padrão de cada substância, aí eu peguei essa fórmula da variação de entalpia, que é a entalpia dos produtos menos a entalpia dos reagentes, aí fiz os cálculos.

P: Então você está me dizendo que no cálculo da entalpia, eu preciso escrever a equação química principalmente porque eu preciso ...

E6: Dos coeficientes.

P: Que representam o que?

E6: A quantidade de matéria em mol.

P: Mas, para eu chegar nesse balanceamento...

E6: Eu preciso das fórmulas.

P: E da fórmula para fazer o balanceamento que informações você basicamente usa?

E6: Da fórmula, a quantidade de átomos em cada molécula.

P: Aí com essa informação eu faço o balanceamento...

E6: Da quantidade de átomos, aqui (aponta para a fórmula  $\text{XeF}_6$ ), por exemplo, tem seis átomos de flúor. Aí eu balanceei aqui seis (aponta para o HF), aí o hidrogênio ficaram seis aqui, que eu tenho que balancear aqui (aponta para  $\text{H}_2\text{O}$ ), como eu já tenho o dois aqui (aponta para o índice subscrito 2) da fórmula, esse índice aqui com o coeficiente três que multiplicado por dois dá seis, o oxigênio ficou balanceado por que tem três aqui nos reagentes e nos produtos, com base na conservação da massa, faz o balanceamento.

E7: Depois da montagem da equação foi só balancear.

P: Por que balancear?

E7: Pra termos as quantidades estequiométricas adequadas entre reagentes e produtos, pra reação química estar de acordo com a conservação de matéria nesse caso.

P: Quando você faz o balanceamento usando as fórmulas, qual é a informação principal que você tira delas para fazer o balanceamento?

E7: Acho que a presença, o número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos.

P: Então, olhando para fórmula você vê a quantidade de flúor nos reagentes e vai verificar a quantidade de flúor nos produtos? Aqui (aponto para a fórmula HF) no caso, antes de colocar o coeficiente, tinha quantos flúor?

E7: Um só.

P: Aí você usa esses coeficientes da equação química aqui (aponto para a equação matemática de delta H)?

E7: Isso, porque no caso a variação de entalpia da reação seria a variação de entalpia dos produtos menos a variação de entalpia dos reagentes considerando as proporções estequiométricas das espécies presentes tanto nos produtos, quanto nos reagentes.

Notamos que a interpretação das fórmulas:  $\text{XeF}_6$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{XeO}_3$ , HF pelos licenciandos, durante a resolução do problema 3, os levaram a empregar os conceitos químicos: SUBSTÂNCIAS, ÁTOMOS, MOLÉCULAS, XENÔNIO (Xe), OXIGÊNIO (O), FLÚOR (F) e HIDROGÊNIO (H), relacionados ao conceito matemático QUANTIDADE. Portanto, as fórmulas empíricas exerceram a função de significação.

Os conceitos químicos que foram empregados na resolução do problema 3 por todos os licenciandos, foram os mesmos conceitos empregados pelos licenciandos no problema 2 e que deram origem ao esquema conceitual EC4.

Além de utilizarem os mesmos conceitos químicos, os licenciandos estabeleceram as mesmas relações de generalidade entre tais conceitos:

I. SUBSTÂNCIAS e ÁTOMOS apresentam mesmo grau de generalização:

P: Quando você olha para essas fórmulas aqui, na hora que você está fazendo o balanceamento, que informações você tira delas?

E3: A quantidade de átomos de cada substância no caso daqui (aponta para a fórmula do hexa), se eu sei que tem seis flúor eu preciso ter no lado dos produtos seis flúor.

II. MOLÉCULAS é considerado subordinado a SUBSTÂNCIAS e ÁTOMOS, ou seja, apresenta maior grau de generalização:

E5: Eu acho que é essencial nessa questão escrever as fórmulas das moléculas das substâncias, saber escrever a equação que representa a reação, e balancear a equação igualando as quantidades de átomos das moléculas, para colocar os coeficientes corretos na equação matemática.

III. XENÔNIO (Xe), OXIGÊNIO (O), FLÚOR (F) e HIDROGÊNIO (H) apresentam menor grau de generalização se comparados com ÁTOMOS pois são empregados como seus exemplares:

P: Dá pra fazer sem a equação?

E2: Não. Eu preciso montar a equação e balancear pra poder fazer o cálculo. Vou ter que levar em consideração, o balanceamento das quantidades de átomos de xenônio, flúor, depois quanto de cada substância...os coeficientes.

Em síntese, constatamos que os licenciandos, ao resolverem o problema 3, se relacionaram com as substâncias por meio de EC4, que representa COMPOSIÇÃO QUÍMICA. Portanto, mesmo que os termos “composição química” não tenham sido mencionados, inferimos que o conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA foi empregado. Uma comprovação de que os licenciandos pensaram de forma abstrata, uma vez que fizeram uso da relação signo-signo, e que nos leva a considerar que o processo de formação de conceitos científicos pode nos propiciar a aquisição de um novo modo de pensar e de ver a realidade. Modo de pensar que se vale de palavras que são usadas como a representação material dos conceitos abstratos.

Embora EC4 apresente sistematização restrita, foi suficiente para que os licenciandos propusessem solução para o problema 3. É interessante observar que um mesmo sistema conceitual fora empregado para determinar grandezas diferentes. No caso do problema 3, fora usado para calcular as quantidades em mol de cada substância envolvida em

uma reação química, já no problema 2, EC4 fora usado para o cálculo da massa molar de uma substância. Isto significa que, é possível empregar um mesmo sistema conceitual em contextos diferentes.

É preciso refletir acerca do ensino do conceito composição química, uma vez que por muitas vezes ao ser ensinado aborda-se apenas uma parte da complexidade do seu emprego. Tal maneira de ensinar não propicia a mobilização de outros conceitos criando dificuldades para o pensamento se movimentar dentro do esquema conceitual que representa o conceito composição química, podendo levar aos sujeitos a empregar operar independentemente uns dos outros.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista dos resultados obtidos por nossa análise, podemos sintetizar algumas conclusões a respeito do emprego do conceito COMPOSIÇÃO por estudantes do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal da Bahia.

Constatamos que os licenciandos usaram palavras e fórmulas empíricas, não só para nomear materiais citados nos enunciados dos problemas, mas, também, para cumprir a tarefa de analisar e generalizar os atributos químicos não sensíveis dos materiais, introduzindo-os no sistema conceitual da COMPOSIÇÃO QUÍMICA. Destarte, os estudantes demonstraram elevado grau de generalização e abstração no transcorrer das resoluções dos problemas. Retomando a metáfora do globo terrestre, podemos considerar que o pensamento dos licenciandos durante a resolução dos problemas, ocupou uma região muito próxima do polo onde está localizado o pensamento por meio de conceitos extremamente abstratos, de máxima generalização.

Os conceitos presentes nos esquemas conceituais obtidos pela análise apresentaram diferentes graus de generalização e abstração, possibilitando que os licenciandos pudessem, ao relacioná-los entre si, fazer o pensamento se movimentar dos conceitos mais gerais para os mais específicos e vice-versa. Nesse movimento, algumas possibilidades de percursos dentro dos sistemas conceituais foram geradas.

Diante de tais resultados, inferimos que está evidente a relevância da movimentação constante do pensamento no processo de formação e desenvolvimento dos conceitos científicos. Movimento que faz com que o pensamento transite, no interior de um sistema

constituído de conceitos científicos, do geral ao particular e vice-versa, a depender do grau de generalidade de cada significado.

Embora, ao se tratar de conceitos científicos, o mais comum seja a predominância de conceitos mais gerais sobre os conceitos mais específicos, devemos considerar que os sistemas conceituais são subjetivos. Em outras palavras, não podemos esquecer de considerar que a apropriação dos conteúdos histórico-culturais, que funcionam como elementos mediadores nas relações estabelecidas entre os homens e o mundo, ocorre nos processos socialização, formação e desenvolvimento da personalidade de cada indivíduo (NUÑEZ, 2009).

Constatamos que nos esquemas conceituais com sistematização mais ampla, as opções de percursos foram maiores, o que possibilitou a alguns licenciandos terem um rol de estratégias de resolução dos problemas mais diversificado. O fato configurou-se como vantagem para esses estudantes, que tiveram alternativas para resolver os problemas, evitando dificuldades e/ou podendo comparar resultados obtidos de modo distinto.

Inversamente, o emprego de sistemas conceituais constituídos por uma quantidade restrita de conceitos, pode ter engendrado algumas dificuldades para os licenciandos ao tentar propor soluções para os problemas, uma vez que não conseguiram estabelecer múltiplas relações entre os conceitos, ou entre estes e conceitos de outras áreas de conhecimento. Esta condição dos licenciandos é preocupante, uma vez que como possíveis professores de química, os licenciandos precisam dominar o sistema de conceitos químicos, as teorias e os princípios da disciplina científica.

Notamos que, mesmo os licenciandos que pensaram por meio de sistemas conceituais de grande amplitude, a depender do contexto no qual o conceito composição química seria empregado, não fizeram uso do sistema conceitual em sua totalidade. Nestes casos, os licenciandos empregaram apenas uma parte desse sistema, ou seja, empregaram apenas uma região desse sistema na qual existiam conceitos relacionados entre si que serviriam para resolver o problema.

Isto ocorreu, por exemplo, com o licenciando E6, que demonstrou no problema 1, que poderia pensar por meio de um esquema conceitual muito amplo (EC3), porém nos problemas 2 e 3 apenas fez uso de parte dos conceitos que o constituiu. Outro exemplo foi o fato de no problema 1, os licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8 não terem empregado o conceito QUANTIDADE relacionado com os conceitos constituintes do sistema conceitual representado por EC1, o que poderia nos levar a inferir que tais licenciandos desconheciam a possibilidade de tal relação. Contudo, a relação ora citada ocorrerá nos problemas 2 e 3, pois,



os licenciandos precisaram trabalhar com o aspecto quantitativo do conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA para resolver tais problemas. Neste momento, os licenciandos E2, E3, E4, E7 e E8 demonstraram que conheciam a possibilidade de relacionar QUANTIDADE, com ÁTOMOS, ELEMENTOS, dentre outros conceitos químicos.

Sendo assim, compreendemos que o emprego do conceito COMPOSIÇÃO QUÍMICA, por meio dos sistemas conceituais que podem representa-lo, depende do contexto a ser empregado. Porém, é possível que para contextos diferentes se empregue um mesmo sistema conceitual.

À vista do exposto, inferimos que os resultados obtidos evidenciam que os professores de química, seja na educação básica ou no ensino superior, que visam a aprendizagem por parte dos seus estudantes, precisam: a) estar atentos as relações que os estudantes estabelecem entre os conceitos já apropriados e entre conceitos a serem estudados, e orientá-los no estabelecimento das mesmas; b) identificar como o pensamento dos estudantes se movimenta entre conceitos gerais e específicos, para que possam direcioná-los quando necessário, ou para entender as estratégias propostas pelos estudantes nas resoluções de problemas; c) criar instrumentos de avaliação, e usá-los com frequência, para acompanhar todo processo de formação do sistema conceitual químico a partir do emprego do mesmos, seja por meio da fala ou da escrita dos estudantes.

Diante do desafio proposto, entendemos que outras pesquisas precisam ser encaminhadas para vislumbrarmos as possibilidades dos encaminhamentos ora propostos.

### 3.6 REFERÊNCIAS

ARAUJO NETO, W. N. Estudo sobre a noção de representação estrutural na educação química a partir da semiótica e da filosofia da química. *Revista Virtual de Química*, v.4 (6), 2012. Disponível em: <<http://www.uff.br/rvq>>. Acesso em: maio de outubro de 2015.

ARAÚJO, Isabela R. Lima de; VIEIRA, Adriana da S.; CAVALCANTE, M<sup>a</sup> Auxiliadora da S. Contribuições de Vygotsky e Bakhtin na linguagem: sentidos e significados. *Debates em Educação*. V. 1, n. 2 Jul./Dez. 2009. Disponível em: <[www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao](http://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao)> Acesso em: out de 2012.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2002.

BRADLEY, J. D.; STEENBERG, E. Symbolic language in chemistry – a new look at an old problem. *Chemical Education International*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-29, 2008. Disponível: <<http://old.iupac.org/publications/cei/vol8/0801xSteenberg.pdf>> Acesso em agosto 2011.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais /Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998, 138 p.

BROWN, Theodore L.; LeMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. Química central. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

CHANG, Raymond. Química. 5ª ed. Portugal: McGraw-Hill, 1994.

CONNELY, Neil G. et al. *Nomenclature of inorganic chemistry – IUPAC recommendations 2005*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. Available: <[http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red\\_Book\\_2005.pdf](http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf)> Accessed: March 3, 2015.

CROSLAND, Maurice P. *Estudios históricos em el lenguaje de la química*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.

ECO, Umberto. *Tratado geral de semiótica*. 3ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.

GARCÍA BELMAR, A.; BERTOMEU SÁNCHEZ, J.R. Lenguaje, ciencia e historia: una introducción histórica a la terminología química. *Alambique*, 17, pp. 20-37, 1998. Disponível em:

<[http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/24348/1/1998\\_GarciaBelmar\\_Bertomeu\\_Alambique.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/24348/1/1998_GarciaBelmar_Bertomeu_Alambique.pdf)>. Acesso em: jan de 2012.

GARRITZ, A. Gasque, L. y Martínez, A. Química Universitaria, Pearson Educación, México. (2005).

GOIS, Jackson; GIORDAN, Marcelo. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. *Química Nova na Escola*, nº 7, pp.34-42, 2007.

GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. W. *Competing paradigms in qualitative research*. In: N. K. DENZIN; Y. S. LINCOLN (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage, 1994. p. 105-117.

HARDY-VALÉE, Benoit. Que é um conceito? São Paulo: Parábola, 2013.

HARTLEY, Sir Harold. The place of Jons Jakob Berzelius (1779 – 1848) in the history of chemistry. In: HARTLEY, Sir Harold. *Studies in the history of chemistry*. Oxford: Clarendon Press, 1971, cap.

HJELMSLEV, Louis. *Prolegômenos a uma teoria da linguagem*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013

HOFFMANN, Roald; LASZLO, Pierre. Representation in Chemistry. *Angewandte Chemie*. International Edition English. v.30, n.1 (1991) I-16. Disponível em: <[http://www.roaldhoffmann.com/sites/all/files/representation\\_in\\_chemistry.pdf](http://www.roaldhoffmann.com/sites/all/files/representation_in_chemistry.pdf)> Acesso em: jan. de 2011.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco M. de Mello. *Minidicionário Houaiss da língua portuguesa*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008.

JAFFE, Bernard. Berzelius a swede tears up a Picture book. In: JAFFE, Bernard. *Crucibles: The story of chemistry – from ancient alchemy to nuclear fission*. 4ª ed. New York: Dover Publications, INC., 1976, Cap. 8, p.100 – 115.

JENSEN, Willian. Logic, History, and the Chemistry. *Journal of Chemical Education*, Vol. 75, Nº 6 (1998), pp. 679- 687.

JOVCHELOVITCH, Sandra. *Os contextos do saber: representações, comunidade e cultura*. Petrópolis: Vozes, 2008.

- KLEIN, Ursula. The creative power of paper tools in early nineteenth-century chemistry. In: *Tools and modes of representation in the laboratory sciences*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.13 – 34, 2001.
- LARA, Marilda L. G. de. O Unicórnio (o Rinoceronte, o Ornitorrinco...), a Análise Documentária e a Linguagem Documentária. *DataGramaZero - Revista de Ciência da Informação*, v.2, n.6, 2001. Disponível em: <[http://www.dgz.org.br/dez01/Art\\_03.htm](http://www.dgz.org.br/dez01/Art_03.htm)>. Acesso em abril de 2013.
- LASZLO, Pierre. *A palavra das coisas ou a linguagem da química*. Lisboa: Gradiva, 1995.
- LIMA, Maria Emília C.C.; BARBOZA, Luciana C. ideias estruturadoras do pensamento químico. *Química Nova na Escola*, nº 21, maio, 2005, p.39 a 43.
- LICHTMAN, M. *Qualitative research in education: a user's guide*. Thousand Oahs: Sage, 2010.
- LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1999.
- LURIA, Aleksandr R. *Fundamentos de Neuropsicologia*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1981.
- LURIA, A. R. O cérebro humano e a atividade consciente. In: VIGOTSKI, L. S; LURIA, A.R.; LEONTIEV, A.N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 11ª ed. São Paulo: Ícone, 2010, p. 191-228.
- MACHADO, Andréa Horta. *Aula de química: discurso e conhecimento*. 2ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2004.
- MALDANER, O. A., & PIEDADE, M. C. T (1995). Repensado a Química: a formação de equipes de professores / pesquisadores como forma eficaz de mudança da sala de aula em química. *Química Nova na Escola*, p. 15-19.
- MALDANER, Otávio Aloisio. *A formação inicial e continuada de professores de química*. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003, p.162 -165.
- MARTELLOTA, M. Eduardo (org.). *Manual de Linguística*. São Paulo: Contexto, 2010.
- MORENO, E. L.; MARTINS, E.; RAJAGOPAL, K. Basicidade e acidez, da pré-história aos dias atuais. *Revista Virtual de Química*, v.7 (3), 2015. Disponível em: <<http://www.uff.br/rvq>> Acesso em: 02 de outubro de 2015.
- NUÑEZ, Isauro Beltrán. *Vygotsky, Leontiev e Galperin: formação de conceitos e princípios didáticos*. Brasília: Liber Livro, 2009.
- OKI, Maria da Conceição Marinho. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. *Química Nova*. 2009, vol.32, n.4, pp. 1072-1082.
- RHEINBOLDT, Heinrich. *A história da balança e a vida de J.J. Berzelius*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.
- RUSSEL, John B. *Química Geral*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1981.
- SILVA, José Luis P. B. et al. A composição no ensino de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. *Anais...* Belo Horizonte: Abrapec/UFMG, 2007. 1 CD.
- TERRA, Ernani. *Linguagem, língua e fala*. 2ª ed. São Paulo: Scipione, 2008.

- TRIVIÑOS, A. N. SILVA. *Introdução à pesquisa em ciências sociais - A pesquisa qualitativa em Educação*. São Paulo: Atlas, 2007.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA). *Vestibular UFBA 2013-Caderno 5, 2ª fase, Física e Química*. Salvador, 2013, 20 p.
- VYGOTSKY, Lev; LURIA, Alexander. Tool and symbol in child development. In: VAN DER VEER, René; VALSINER, Jean. *The Vygotsky Reader*. Cambridge: Blackwell, 1974.
- VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- VIGOTSKI, L. S. *Teoria e método em psicologia*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.
- VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2ª Ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009 (2001).
- VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV A.N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 11ª Ed. São Paulo: Ícone, 2010 (2001).
- VYGOTSKI, L. S. *Obras escogidas – II: pensamiento y lenguaje – conferencias sobre psicología*. Madri: Machado Grupo de Distribución, 2014.
- WERTSCH, James V. *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós, 1988.

## 4-ARTIGO III- OS PROCESSOS PSÍQUICOS E AS ATIVIDADES DE INTERPRETAÇÃO E TRADUÇÃO NO EMPREGO DE SIGNOS QUÍMICOS

### 4.1 INTRODUÇÃO

A pesquisa que desenvolvemos, durante o curso de doutorado, objetivou analisar como licenciandos em química usam o signo composição química ao se relacionarem com substâncias envolvidas em problemas teóricos de química. Realizamos esta análise sob as perspectivas teóricas da semiótica de Umberto Eco e dos estudos sobre a relação entre pensamento e linguagem realizados por Vigotski no âmbito da psicologia histórico-cultural.

Neste trabalho consideramos que conceitos são signos, já que um conceito requer palavras para serem expressos, e, uma vez que as palavras agem como signos, podemos pensar que um conceito é um tipo de signo. Na realidade, o conceito é um tipo particular de signo, que difere dos demais por apresentar significados com elevado grau de abstração e generalidade.

Fundamentados na semiótica estudamos a estrutura do signo composição química, isto é, analisamos a dependência entre os seus «significados»<sup>35</sup> e as expressões: |fórmulas empíricas| e |nomes das substâncias|. Já a análise realizada com base nos princípios da psicologia histórico cultural nos levou a: comparar o grau de concretude/abstração do conceito composição química com o de outros conceitos; a cotejar as relações de interdependência do conceito em foco com outros conceitos; e identificar as operações mentais relacionadas ao movimento do pensamento — do geral para o específico e vice-versa — no âmbito do sistema conceitual.

O fato dos referenciais terem contribuído com critérios/aspectos específicos para a nossa análise engendrou duas frentes de investigações. Cada uma das pesquisas e seus respectivos resultados foram apresentados na forma de artigos. Neste trabalho nos apoiamos em alguns dos resultados dessas pesquisas para elaborar o objetivo do mesmo. Por isso, a seguir apresentamos uma síntese desses resultados.

Uma vez que o emprego do signo composição química era o nosso objeto de estudo, e considerando que os seres humanos tendem a empregar signos para orientar suas ações quando se veem diante de situações problemas, ou de tarefas a cumprir (VIGOTSKI,

---

<sup>35</sup> Utilizaremos esta notação para explicitar as partes que constituem o signo: a |expressão| e o «conteúdo» (sistema conceitual, conceito, significado).

2009), solicitamos, em ambas as pesquisas, que os licenciandos participantes da pesquisa propusessem soluções para problemas teóricos químicos, tarefa que dependeria do emprego do signo em questão.

Constatamos que o ato de empregar signos incorpora atividades de generalização, interpretação e tradução de expressões compreendidas como parte perceptível dos signos.

No caso específico que investigamos, o emprego do signo composição química envolveu as atividades de interpretação e tradução das expressões: |nome das substâncias| e |fórmula empírica|.

Sob este aspecto, a análise do emprego do signo composição química, à luz da teoria semiótica de Umberto Eco, nos mostrou que, embora os licenciandos pudessem usar os |nomes das substâncias| como sua expressão, praticamente todos os licenciandos usaram, quase que exclusivamente, as |fórmulas empíricas| para resolver os três problemas propostos. Por exemplo, ao observarmos um dos licenciandos durante a resolução de problemas teóricos de química notamos que sempre que lia os enunciados fazia os seguintes comentários:

Problema 1:

E4: A questão não traz as fórmulas químicas...

P: Você precisa delas?

E4: Preciso.

P: Por que você precisa delas?

E4: Pra saber como é como é... como é que faz a modelização química das substâncias.

Problema 2:

E4: Entendi mais ou menos, porque eu só consigo fazer a questão com a fórmula da substância...

P: O que lhe chama mais atenção na questão é a ausência da fórmula?

E4: É.

Problema 3:

P: O que mais chamou atenção no problema?

E4: O texto que traz algumas informações iniciais, mas que não foram tão necessárias para a resolução da questão. Na verdade, eu comecei a ler a questão daqui.

P: Isso aqui fala o que para você?

E4: Aqui fala de uma reação de hidrólise, uma reação química, só que ele apresenta os nomes das substâncias, mas não fornece as fórmulas químicas, então pra quem não sabe fica difícil.

Constatamos, então, que os licenciandos não conseguiam realizar a tradução da expressão |nome das substâncias/ para a outra forma de expressão, |fórmula empírica/, a partir da interpretação dos nomes triviais, ou semissistemáticos, ou sistemáticos das substâncias.

Para que os problemas fossem resolvidos, tivemos que informar as |fórmulas empíricas| das substâncias mencionadas nos enunciados dos problemas.

Enquanto as |fórmulas empíricas| não lhes eram informadas, os licenciandos não conseguiam iniciar a resolução dos problemas. Para ilustrar o que relatamos, apresentamos o seguinte trecho de entrevista com E5:

E5: Preciso da fórmula molecular da barita cáustica.

P: É dihidróxido de bário.

E5: Vixe! Não sei.

P: (entrego a tabela periódica)

E5: Preciso fazer a estrutura de Lewis?

P: Não sei...Eu quero ver como é que você faz a fórmula.

E5: Já fiquei nervosa (risos) (pausa para escrever a fórmula, olha a tabela, volta a ler o enunciado, sempre em silêncio).

P: Já escreveu a fórmula? É essa aí?

E5: Estou em dúvida...

O trecho de entrevista mostra que E5 não conseguiria realizar a tarefa sem a |fórmula empírica| do dihidróxido de bário e, que não sabia lidar com as informações disponíveis no enunciado e na tabela periódica que lhe foi entregue. Porém, a situação mudou após lhe informarmos que a fórmula empírica do dihidróxido de bário é  $|\text{Ba}(\text{OH})_2|$ . Ao final da resolução do problema questionamos a E5:

P: Na letra “A” você utilizou os dados que estavam dados no problema, não precisou de nenhuma outra informação, embora você ao ler o enunciado, vê o nome da substância e já pede a fórmula, ou seja, de novo no enunciado o que lhe chama atenção...

E5: É a ausência da fórmula...

P: Por que? Mesmo sem saber se a fórmula seria necessária você já se preocupou...

E5: A fórmula é universal, e aí se você vê uma fórmula em qualquer lugar do mundo você vai conseguir resolver ...

P: Mas é simplesmente tendo a fórmula? Ou o que está sendo informado pela fórmula?

E5: O que está sendo informado.

P: Então tendo a fórmula no enunciado, você terá acesso a informações para resolver o problema?

E5: Sim.

Esse trecho da entrevista nos mostra outra condição frequente entre os licenciandos. Notamos que, mesmo sem saber se as |fórmulas empíricas| seriam necessárias para o cumprimento da tarefa, E5 as solicitou. A mesma atitude fora observada nos procedimentos de outros licenciandos.

Pensamos que este pode ser um comportamento automático adquirido na academia pelos licenciandos, ou seja, no processo histórico-social em que se encontram inseridos. O que estamos pressupondo, é que os licenciandos podem ter transformado a tarefa de resolver

problemas de química em uma operação automática, na qual as fórmulas são convertidas em centro de sua atenção.

Ao resolverem os problemas por meio da interpretação das [fórmulas empíricas], constatamos que todos os licenciandos interpretaram os símbolos químicos, identificando assim, os elementos químicos constituintes das substâncias representadas. Isto ocorreu para todas as [fórmulas empíricas] abordadas. Um outro elemento da expressão fórmula empírica a ser interpretado foi a ordem de escrita dos símbolos químicos, contudo os resultados demonstraram que este elemento não foi contemplado pela grande maioria dos licenciandos. Por fim, a interpretação dos números foi claramente influenciada pelo contexto, isto é, pelos enunciados dos problemas de química. Os números subscritos à direita dos símbolos químicos só foram considerados pelos licenciandos nos problemas que envolviam o cálculo da massa molar. Observamos que o significado atribuído aos números foi o mesmo para todas as fórmulas, o de «quantidade».

Por sua vez, a análise do emprego do signo composição química à luz da psicologia histórico-cultural evidenciou que a interpretação das [fórmulas empíricas] levou os licenciandos a falar sobre a composição das substâncias utilizando esquemas conceituais (sistemas conceituais). Isto significa que os licenciandos usaram as [fórmulas empíricas] para cumprir a tarefa de analisar e generalizar os atributos químicos não sensíveis dos materiais, introduzindo-os no sistema conceitual «composição química».

Na realidade, constatamos que os licenciandos, ao resolverem os problemas, se relacionaram com as substâncias por meio de esquemas conceituais (ou sistemas conceituais), que representaram o conceito «composição química».

Os esquemas conceituais (EC) foram obtidos a partir da análise da composição dos materiais citados nos enunciados dos problemas como: [quartzo], [ferrugem], [fluoreto argéntoso], [seleneto de zinco], [cal], [ácido fluorídrico], etc. pelos licenciandos. Contudo, consideramos que, na realidade, o que levou os licenciandos a falar sobre a composição das substâncias fora a interpretação das fórmulas empíricas: [SiO<sub>2</sub>], [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>], [AgF], [ZnSe], [Ca(OH)<sub>2</sub>], [HF], dentre outras.

Os conceitos presentes nesses esquemas conceituais apresentaram diferentes graus de generalização e abstração, possibilitando que os licenciandos pudessem, ao relacionar os conceitos entre si, fazer com que o pensamento —por conceitos abstratos e de máxima generalização — se movimentasse entre conceitos mais gerais e conceitos mais específicos. Movimento esse que gerou possibilidades de percursos dentro dos esquemas conceituais.



Constatamos que nos esquemas conceituais com sistematização mais ampla, as opções de percursos foram maiores, o que possibilitou a alguns licenciandos possuírem um rol de estratégias de resolução dos problemas mais diversificado. O fato configurou-se como vantagem para esses estudantes, que tiveram alternativas para resolver os problemas, evitando dificuldades e/ou podendo comparar resultados obtidos de modo distinto.

Notamos que a definição dos percursos dependeu da estratégia que os licenciandos identificaram como a mais indicada para resolver os problemas. Já a definição das estratégias sofreu influência direta do contexto, ou seja, dos enunciados dos problemas, o que nos levou a considerar que a definição do esquema conceitual a ser utilizado para resolver os problemas depende do contexto.

Os resultados ora apresentados foram relevantes para a proposição de ações que objetivassem a qualidade do ensino do conceito composição química e da apropriação da linguagem química, mais especificamente, dos |nomes das substâncias| e das |fórmulas empíricas|, nos cursos de formação inicial e continuada de professores de química e na educação básica.

Contudo, neste trabalho, não poderíamos deixar de apresentar como resultado da realização dessas pesquisas as articulações que estabelecemos entre a semiótica de Umberto Eco e a psicologia histórico-cultural de Vigotski e colaboradores. Articulações estas que terminaram por apontar um novo aspecto acerca do emprego do signo a ser investigado, o que nos levou a usá-las como referencial teórico em uma nova investigação.

O referencial teórico que elaboramos a partir das articulações que estabelecemos entre a teoria semiótica de Umberto Eco e a psicologia histórico-cultural de Vigotski e colaboradores evidenciou que o processo de aquisição da linguagem influencia as atividades conscientes realizadas pelos seres humanos. Uma vez que o processo de aquisição da linguagem pressupõe o emprego dos signos que a constituem, podemos pensar que o ato de empregar signos influencia a atividade consciente humana.

Considerando que o emprego de signos envolve interpretação, tradução e generalização, pressupomos, então, que estas são atividades conscientes humanas. E como toda atividade consciente, interpretar, traduzir e generalizar são atividades constituídas de ações auxiliares relacionadas ao que Vigotski denominava de funções psíquicas superiores, ou processos psíquicos, quais sejam: percepção, atenção, memória, pensamento lógico, linguagem, dentre outras.

Na pesquisa que realizamos com o objetivo de analisar como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas

teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pela semiótica de Umberto Eco, identificamos as seguintes ações auxiliares para a interpretação e tradução dos nomes das substâncias e formulas empíricas (Quadro 1 e 2):

Interpretação	Tradução
Percepção que o nome denota a composição elementar da substância.	
Atenção ao contexto.	
Identificação dos nomes radicais de elementos químicos.	Lembrança dos símbolos correspondentes aos nomes radicais.
Discriminação dos prefixos (mono-, di-, tri-, tetra- etc.).	Lembrança dos índices numéricos correspondentes a cada prefixo.
Discriminação dos sufixos (-ato, -eto, -idrício etc.).	Determinação da eletronegatividade dos elementos.
	Lembrar das regras que orientam a escrita da fórmula empírica.

Quadro 1: Procedimentos básicos para interpretação e tradução de um nome sistemático<sup>36</sup> de uma substância.

Interpretação	Tradução
Percepção que a fórmula denota a composição elementar da substância.	
Atenção ao contexto.	
Identificação dos símbolos dos elementos químicos.	Significar os elementos químicos constituintes das substâncias.
Identificação dos índices numéricos subscritos.	Significar as proporções entre os elementos constituintes das substâncias.
Atenção para a ordem de escrita dos símbolos químicos.	Reconhecer a eletronegatividade dos elementos.

Quadro 2: Procedimentos básicos para interpretação e tradução de fórmulas empíricas.

Já na pesquisa que objetivou analisar como os licenciandos usam o signo composição química ao se relacionarem com os materiais envolvidos nos problemas teóricos de química de acordo com os aspectos definidos pelo estudo sobre pensamento e linguagem de Vigotski e colaboradores, relacionamos as ações auxiliares listadas no Quadro 3.

Identificar o contexto;
Selecionar expressões para nomear objetos;
Identificar as expressões que são usadas para nomear objetos, e que veiculam informações (significados) essenciais para resolver os problemas;
Discriminar, abstrair e generalizar atributos sensíveis e não sensíveis dos objetos, representados por expressões, introduzindo-os em um sistema conceitual (Selecionar os conceitos e estabelecer relações entre estes, formando sistemas conceituais);

Quadro 3: Procedimentos para resolução de problemas que envolvam o uso de conceitos científicos.

<sup>36</sup> Para os nomes das substâncias a IUPAC (CONNELLY et al., 2005) estabelece que os nomes sistemáticos são aqueles que informam a composição elementar das substâncias e sua proporção.

Usar o sistema conceitual para se relacionar com os objetos de forma mediata;
Selecionar o percurso dentro dos sistemas conceituais, que será utilizado para resolver o problema;
Selecionar a estratégia para resolver os problemas.

Quadro 3: Procedimentos para resolução de problemas que envolvam o uso de conceitos científicos (continuação).

Uma vez que verbos como: lembrar, perceber, identificar, selecionar, determinar, dentre outros, usados para fazer referência aos procedimentos dos licenciandos ao resolverem os problemas, nos remetem às peculiaridades dos processos psíquicos percepção, atenção, memória, pensamento, que serão apresentadas neste trabalho (vide páginas 191 a 199), consideramos que os procedimentos adotados pelos licenciandos foram ações auxiliares que constituíram a atividades conscientes de interpretar e traduzir — que fundamentam o ato de empregar o signo composição química— e que possuem os processos psíquicos: percepção, atenção, memória e pensamento como base.

À vista do exposto, por considerar que ainda era preciso tratar das atividades de interpretação e tradução das expressões dos signos, sob o aspecto da participação dos processos psíquicos que servem como base para as ações auxiliares que as constituem, questionamos: como os processos psíquicos atuam durante a interpretação e a tradução das |fórmulas empíricas| pelos licenciandos em química ao resolverem problemas teóricos de química?

Para responder a essa questão, realizamos uma pesquisa qualitativa com o objetivo de analisar a participação dos processos psíquicos nas atividades de interpretação e tradução das |fórmulas empíricas| realizadas pelos licenciandos em química ao resolverem problemas teóricos de química.

#### 4.2. SEMIÓTICA E PSICOLOGIA HISTÓRICO-CULTURAL

Ao trabalharmos com a semiótica de Umberto Eco e a psicologia histórico-cultural de Vigotski, para realizar as pesquisas acerca do emprego do signo composição química, notamos, por exemplo, que ambos os teóricos compreendem que a linguagem é um sistema de signos que exerce as funções de comunicar e de significar.

Para a psicologia histórico-cultural a comunicação é a função primária da linguagem, uma vez que surgiu da necessidade da comunicação no trabalho. E assim como os instrumentos que são usados como mediadores na vida material do homem (VIGOTSKI, 2001), a linguagem funciona como elemento mediador da atividade psíquica humana.

Credita-se à linguagem o fato do ser humano ser capaz de discriminar objetos<sup>37</sup>, dirigir a atenção para eles e conservá-los na memória, por meio de palavras, isto é: sons e sinais gráficos vinculados a tais objetos. Isto permite que o ser humano lide com os objetos mesmo que estes não estejam presentes.

É bastante a pronúncia interna ou externa de uma palavra para o surgimento da imagem do objeto correspondente e o homem pôr-se em condições de operar com essa imagem. Por isto podemos dizer que a linguagem *duplica o mundo perceptível*, permite conservar a informação recebida do mundo exterior e cria um mundo de imagens interiores (LURIA, 1979a, p.80).

A apropriação de um mundo interior de imagens é relevante para as atividades conscientes dos seres humanos, pois os torna independentes da necessidade da experiência imediata com os objetos.

Porém, a linguagem não só designa objetos, mas é usada para: abstrair propriedades essenciais destes, relacionar os vestígios perceptíveis, ou não perceptíveis; e os classificar.

Desse modo, as experiências com os objetos, que se formou histórica e socialmente, pode ser transmitida, uma vez que a linguagem serve de meio de representação do mundo.

O processo de comunicação, na perspectiva da semiótica de Umberto Eco (2000), é a passagem de um sinal (não necessariamente um signo) de uma fonte, através de um transmissor, ao longo de um canal, até um destinatário. Quando o destinatário é um ser humano, deve-se considerar que concomitantemente ao processo de comunicação poderá estar ocorrendo um processo de significação. A condição para que isto ocorra é que o sinal não funcione apenas como um estímulo, mas que “solicite uma resposta interpretativa por parte do destinatário” (ECO, 2000, p.6).

Esta concepção corrobora com a ideia de significação por parte da psicologia histórico-cultural, a qual concebe essa função da linguagem como a análise dos objetos, pois, é por meio dos signos que podemos distinguir as propriedades essenciais dos objetos e incluí-los em determinada categoria. A linguagem ao exercer essa função serve como meio de *abstração* e *generalização*, e reflete as ligações e relações estabelecidas entre os objetos do mundo exterior.

Os processos humanos de comunicação e de significação (uso de signos para representar os objetos, eventos, fenômenos do mundo) são culturais. Na realidade, os processos de comunicação e significação engendram a cultura (ECO, 2000). Quando dois

---

<sup>37</sup>Usamos a palavra “objeto”, para nos referir a: (i) materiais concretos manipuláveis (mesa, cadeira, bola, etc.); (ii) fatos, ou eventos que podem ser descritos e explicados pela ciência química; (iii) conceitos (composição química, átomos, moléculas, dentre outros).

seres humanos se comunicam signos verbais ou pictográficos costumam ser empregados para exprimirem o objeto. Esse ato de criar meios para que, por exemplo, a função de um determinado objeto possa ser reproduzida, transmitindo assim tal informação entre as gerações, é considerado cultura. Tal forma de comunicação se constitui em um objeto cultural, que pode ser analisada como uma atividade semântica, assim como, o conteúdo dessa comunicação pode ser estudado como uma unidade semântica.

Uma unidade semântica, ou uma unidade cultural, é algo que determinada cultura “definiu como unidade distinta, diversa de outras, podendo ser uma pessoa, uma localidade geográfica, uma coisa, um sentimento, uma presença, uma ideia, uma alucinação” (ECO, 2000, p.56-57).

São as culturas que segmentam o universo perceptível e pensável, e o modo como o fazem dá origem a sistemas de unidades culturais que, na realidade, são os significados que ao serem correlacionados a expressões, sob orientação de um código, dão origem aos signos (funções sígnicas). Portanto, os sistemas de signos que constituem as várias formas de linguagem são fenômenos socioculturais.

Isto está de acordo com a concepção de Vigotski, uma vez que este defende que a linguagem deve ser compreendida como o principal produto da vida em sociedade, que resultou da necessidade da comunicação no trabalho (categoria fundante do ser social). Além disso, a linguagem — complexo sistema de códigos — tem sua formação diretamente dependente da história da humanidade, ou seja, é por meio da linguagem que o ser humano domina “*um complexo sistema de associações e relações em que um dado objeto se encontra e que se formaram na história multissecular da humanidade*” (LURIA, 1979c, p.20).

A transmissão da informação mais complexa, por meio da linguagem, permite que o ser humano assimile a experiência e domine

um ciclo imensurável de conhecimentos, habilidades e modos de comportamento, que em hipótese alguma poderiam ser resultado da atividade independente de um indivíduo isolado. Isto significa que com o *surgimento da linguagem surge no homem um tipo inteiramente novo de desenvolvimento psíquico* desconhecido dos animais, e que a *linguagem é realmente o meio mais importante de desenvolvimento da consciência* (LURIA, 1979a, p. 80).

O uso dos símbolos linguísticos, que compõem a linguagem, capacita o ser humano a usar representações cognitivas, isto é, permite que se vá além das representações diretas e individuais, transformando a maneira como os seres humanos enxergam o mundo (TOMASELLO, 2003).

As representações cognitivas são aprendidas nas interações sociais. Em nossos estudos concordamos que a apropriação de signos decorre da interação social.

Destacamos, então, a relevância da atividade de ensino. Cabe ao ato de ensinar a responsabilidade por transmitir o conjunto de experiências oriundo do processo histórico-social da humanidade para as gerações futuras.

Os conhecimentos mais elementares são transmitidos por meio do discurso entre os seres humanos no dia-a-dia, porém, é na escola que o ser humano assimila “as mais importantes aquisições da humanidade” (LURIA, 1979a, p. 83). De forma semelhante, a educação escolar é vista por Eco (2000, p.47), como “um sistema de expectativas profundamente radicado no patrimônio de opiniões compartilhado” pelos seres humanos.

Consideramos que o ensino é um processo de comunicação, uma vez que envolve uma mensagem emitida pelo professor através de numerosos recursos, a voz por exemplo, que é recebida pelo estudante que exerce o papel de destinatário. E caso a mensagem do professor solicite do estudante uma resposta, além de comunicação ocorre conjuntamente o processo de significação.

Contudo, para que o ser humano aprenda a usar símbolos linguísticos com vistas a se comunicar com seus pares de maneira convencionalmente apropriada, ele precisa aprender a usar um símbolo dirigido a uma outra pessoa da mesma maneira como alguém o usou dirigido a ele.

As interações sociais nas quais as pessoas prestam atenção, conjuntamente, “a uma terceira coisa, e à atenção um do outro à terceira coisa, por um período razoável de tempo”, são denominadas de “cena de atenção conjunta” (TOMASELLO, 2003, p.135).

Na cena de atenção conjunta, é importante que, a pessoa compreenda que ela é um elemento fundamental, assim como o seu papel na interação social, “conceituando do mesmo ponto de vista ‘externo’ que a outra pessoa e o objeto, de modo tal que todos estejam num formato representacional comum – o que é importante no processo de aquisição de um símbolo linguístico” (TOMASELLO, 2003, p.136).

Podemos, então, considerar que a cena de atenção conjunta fornece o contexto intersubjetivo para que a aprendizagem dos símbolos linguísticos, ou seja, da linguagem, ocorra.

A aula pode ser tomada como exemplo de cena de atenção conjunta com certa amplitude. Mas, podemos pensar em um exemplo com uma amplitude menor, como por exemplo o emprego de um signo diante da tarefa de solucionar problemas de química. Neste caso, temos como elementos: o professor que propôs a tarefa, o aluno que irá realizar a tarefa

e a tarefa em si, isto é, os problemas de química a serem resolvidos. Aqui devemos encontrar a atenção entre professor e aluno voltada para a tarefa, a percepção de que ambos estão atentos à realização da tarefa, e que professor e aluno estão cientes de que são elementos essenciais dessa interação.

Isto implica dizer que “aprender a usar símbolos linguísticos significa aprender a manipular (influenciar, afetar) o interesse e a atenção de outro agente intencional com quem se está interagindo intersubjetivamente” (TOMASELLO, 2003, p.183).

O fato do ser humano aprender as representações cognitivas (linguagem) nas interações sociais, caracteriza tais representações como intersubjetivas. Em outras palavras, são representações produzidas e compreendidas pelo sujeito que, também, compreende que estas são compreendidas por outras pessoas. Logo, o processo de ensino compreendido como comunicação e significação, é, portanto, um elemento sociocultural.

De uma forma em geral, as interações sociais intencionalmente planejadas são necessárias para a apropriação da linguagem, que por sua vez, exerce influência sobre todos os campos da atividade consciente do ser humano, promovendo o desenvolvimento dos seus processos psíquicos — percepção, atenção, memória, pensamento etc. (LURIA, 1979a).

#### 4.2.1. LINGUAGEM E PROCESSOS PSÍQUICOS

Para compreendermos como o processo de aprendizagem da linguagem influencia no desenvolvimento dos processos psíquicos percepção, a atenção, memória e pensamento, vamos apresentar a seguir as peculiaridades de cada um desses processos.

##### 4.2.1.1 Percepção humana

A percepção é a capacidade de síntese de impressões visuais, táteis, gustativas etc. que resultam do trabalho conjunto dos órgãos dos sentidos. Síntese essa que nos faz passar do “reflexo de indícios isolados ao reflexo de objetos ou situações inteiras” (LURIA, 1991, p.38).

Sobre a percepção podemos dizer que é constituída pelas seguintes ações: a) discriminação de indícios atuantes (cor, forma, propriedades táteis, peso, sabor etc.); b) abstração de indícios inexistentes; c) unificação (síntese) do grupo dos principais indícios; d) comparação do conjunto de índices percebidos e não percebidos com o conhecimento anterior

sobre o objeto; e) identificação do objeto (a hipótese do objeto proposto coincide com a informação que chega); f) inclusão do objeto em uma categoria. Caso não ocorra a coincidência da hipótese com a informação recebida pelo sujeito, o objeto não é incluído em nenhuma categoria, ou seja, não é identificado.

A ação de comparar os índices percebidos, ou poderíamos chamar de atributos sensíveis, com o conhecimento acerca do objeto, indica a possibilidade de uma relação entre percepção e memória. Tal possibilidade é confirmada uma vez que se estabelece a dependência da percepção com a “*reanimação dos remanescentes da experiência anterior*”, à comparação da informação que chega ao sujeito com as concepções anteriores, ao cotejo das ações atuais com as concepções do passado” (LURIA, 1991, p.40).

Já que o processo de percepção do objeto é constituído pela linguagem (a fala, o discurso) considerada como o nível superior de atividade psíquica, este nunca ocorre em nível elementar. Diz-se que a percepção é composta de um discurso porque

ao discriminar e reunir os indícios essenciais, ele sempre *designa pela palavra os objetos perceptíveis*, nomeando-os, e deste modo apreende-lhes mais a fundo as propriedades e as atribui a determinadas categorias (LURIA, 1991, p.41).

Portanto, podemos considerar que a percepção tem caráter material e genérico.

A atividade perceptiva compreende o resultado conjunto dos vários órgãos dos sentidos (analisadores), isto é, é um processo que integra sensações diversas, e que participam da formação das concepções do sujeito (LURIA, 1991).

À medida que o ser humano evolui com a idade, e, conseqüentemente, desenvolve-se mentalmente, o caráter generalizado da percepção também evolui. Isto significa que a percepção do objeto se torna mais nítida, e representa o objeto com maior profundidade, abarcando uma maior quantidade de traços essenciais que caracterizam o objeto e suas conexões e relações com outros objetos.

A percepção também se caracteriza por ter constância e correção. A experiência com objetos nos faz adquirir conhecimentos sobre as suas propriedades fundamentais. Tal conhecimento é incorporado pela percepção direta, o que a torna mais constante e, portanto, é aceita como a mais adequada, a mais correta. Mas, ao mesmo tempo, o conhecimento acerca do objeto pode admitir possíveis correções às peculiaridades que a percepção do objeto pode sofrer diante de condições variáveis.

A percepção é móvel (elástica) e dirigível, uma vez que é determinada pela tarefa que se coloca diante do sujeito. Contudo, estas peculiaridades dependem do papel que a



atividade receptora desempenha, da experiência prática do sujeito e do seu discurso interior, que permite que sejam reformuladas e que mudem de tarefa.

Em síntese, a percepção de objetos depende: da precisão do funcionamento dos nossos órgãos dos sentidos; da experiência anterior do sujeito; da amplitude de profundidade das suas concepções; da tarefa a que ele se propõe ao analisar determinado objeto; do caráter ativo, coerente e crítico da sua atividade receptora; da manutenção dos movimentos ativos que integram a atividade receptora; e da capacidade de reprimir a tempo as hipóteses do significado do objeto perceptível se estes não correspondem à informação afluyente.

#### 4.2.1.2 Atenção humana

Os seres humanos, com base na linguagem, são capazes de direcionar voluntariamente sua atenção aos objetos e eventos. Por exemplo, um adulto aponta para um objeto e diz “fifó”, neste momento, este objeto está sendo destacado em relação a outros objetos presentes, e, além disso, o adulto está dirigindo a atenção de uma criança para este objeto em específico até então desconhecido. Após assimilar o discurso, a criança poderá se achar em condições para discriminar objetos nomeados, tornando sua atenção dirigível de modo voluntário e intencional.

Em geral, a atenção é o processo psíquico responsável por selecionar a informação necessária, assegurando assim um controle constante sobre os programas de ação e manutenção das informações recebidas pelos sujeitos que compõem as cenas de atenção conjunta. Graças a este controle o ser humano seleciona certa quantidade de sinais (informações) recebidos ou associações ocorrentes que assumem um caráter dominante e, assim, se mantêm no centro da atenção. Caso este controle não aconteça, o ser humano torna-se incapaz de realizar qualquer atividade, uma vez que a quantidade de informações não selecionadas seria muito grande e desorganizada.

Cabe à atenção inibir todas as associações entre as informações que são estabelecidas sem controle, caso contrário o pensamento organizado não seria possível, e o ser humano se encontraria impedido de propor soluções para situações problemas.

Existem alguns fatores fundamentais que determinam a atenção do ser humano, e que garantem o caráter seletivo desse processo psíquico. Entre os fatores que caracterizam a estrutura aos estímulos externos (informações que chegam do meio externo), destacam-se: a intensidade do estímulo (grandeza, coloração etc.); e a novidade do estímulo (ou a diferença

entre estímulos). Um segundo grupo é constituído pelos fatores pertinentes à atividade do próprio sujeito (estrutura do campo interno), como: a influência exercida pelas necessidades, os interesses e os objetivos do sujeito sobre sua percepção e o processo da atividade que desenvolve ao interagir com o mundo exterior (LURIA, 1979b).

A atenção é direcionada, isto é, possui um sentido que é determinado pelo objetivo a ser alcançado na realização de uma tarefa pelo ser humano. É o objetivo que converte as informações, ou as ações, relativas a essa tarefa, em centro da atenção.

Porém, o sentido da atenção depende do grau de automatização que o ser humano apresenta ao realizar uma tarefa. A automatização da atividade transforma certas ações em operações automáticas. Ações que anteriormente detinham a atenção, deixam de tê-la. O ser humano, então, direciona sua atenção para os objetivos finais. E embora a automatização possa fazer com que a atividade seja executada sem conscientização explícita, o objetivo a ser alcançado continua a ser conscientizado (LURIA, 1979b).

Todavia, além de direcionar sua própria atenção, o ser humano é capaz de direcionar a atenção de outras pessoas. Enquanto o ser humano fala, ele pode monitorar a condição de atenção do ouvinte e vice-versa. Na realidade, os participantes que dialogam se mantêm conscientes da possibilidade de existir, pelo menos, perspectivas distintas sobre uma mesma situação. Isto implica dizer que o sujeito que aprende a empregar signos, torna-se capaz de influenciar o interesse e a atenção de outros com quem interage de maneira intersubjetiva (TOMASELLO, 2003).

A atenção pode ser caracterizada como involuntária e arbitrária. No primeiro caso, a atenção é atraída por um estímulo segundo sua intensidade, ou por este ser uma novidade, ou diante do grau de interesse e necessidade que desperta no ser humano. O segundo tipo de atenção, a denominada arbitrária, ou voluntária, é, geralmente observada na atividade intelectual, “quando o próprio homem se propõe determinada tarefa e esta determina o sucessivo fluxo de suas associações” (LURIA, 1979b, p. 24).

#### 4.2.1.3 Memória humana

Outro processo psíquico que sofre mudanças decorrente da aquisição da linguagem é a memória. Enquanto biologicamente a memória depende da orientação do meio, das

necessidades e limitações corporais, culturalmente, a memória se encontra apoiada na linguagem que se torna atividade mnemônica. O ser humano faz da linguagem instrumento cujo objetivo é lembrar ou, organizar o material a ser lembrado. Por meio da linguagem o ser humano passa a ter condições de ampliar o volume de informação que retém na memória, além de ser capaz de recordar o passado de forma voluntária, e de selecionar entre o material memorizado o que julga ser mais importante para a tarefa que tem a realizar.

A memória é o registro, a conservação e a reprodução dos vestígios da experiência anterior. É justamente esse ato de registrar que possibilita o ser humano acumular informações e que o torna capaz de operar com os vestígios da experiência já vivida, mesmo depois que os fenômenos que geraram tais vestígios tenham desaparecimento (LURIA, 2003).

Ao tratarmos da percepção e da atenção vimos que algumas peculiaridades destes processos psíquicos são dependentes da memória. Por exemplo, enquanto o ser humano não se esquece de determinada tarefa não cumprida, ou realizada com insucesso, sua atenção se manterá voltada para a mesma. Uma das operações realizada pelo ser humano durante o processo de perceber certo objeto é a comparação do conjunto de indícios presentes e ausentes com o conhecimento já adquirido sobre o objeto que está registrado na memória.

Existem algumas modalidades de memória que se diferenciam em grau de complexidade. A modalidade menos complexa é constituída por imagens sucessivas, que são os vestígios das excitações provocadas nossa retina. Um grau acima estão as imagens diretas eidéticas, que são registros que, se necessário ao ser humano, se mantêm por muito tempo. Mas, caso tais imagens desapareçam, posteriormente, o ser humano pode reativá-la com certa facilidade. É considerada uma memória sensorial. E se caracteriza por sofrer mudanças a depender das tarefas e concepções do objeto.

Graças às imagens de representação é possível ao ser humano dizer que vê a imagem de uma árvore, mesmo não estando diante de uma. Isto é possível, porque a experiência interior do ser humano deixou nele vestígios dessa imagem. Este é um exemplo do uso de representações cognitivas, pois por meio destas o ser humano consegue ir além das representações diretas e individuais, transformando a maneira como os seres humanos enxergam o mundo (TOMASELLO, 2003).

Os vestígios visuais, táteis, auditivos e motores, que constituem as imagens de representação, são oriundos da percepção desenvolvida durante a atividade prática complexa com os objetos, ou seja, da experiência direta com os objetos. Este é o motivo para que as imagens de representação englobem diferentes aspectos das representações dos objetos, como: forma, cor, textura, sabor, peso etc.. Essa múltipla composição da imagem da representação,

que compreende uma prática multivariada com o objeto, já dá uma noção mais rica do objeto do que seu simples aspecto exterior.

Além de ser uma elaboração intelectual da percepção do objeto, as imagens de representação evidenciam a discriminação de traços mais substanciais do objeto, e o incluem em determinada categoria, ou seja, generaliza. Isto significa que quando o ser humano pensa em árvore, pode estar operando com uma imagem generalizada da árvore que pode ser a imagem direta da mangueira ou da jaqueira ou a imagem direta de um pinheiro ou de uma casa.

A imagem de representação é um produto que compreende elementos tanto da experiência direta quanto dos conhecimentos adquiridos sobre a mesma. A memória tipo imagens de representação não registra passivamente o objeto, é o resultado do trabalho de reunir “uma série de percepções, analisando o conteúdo do objeto, generalizando essas impressões e unificando a própria experiência direta com os conhecimentos do objeto (LURIA, 1979b, p.65). Ou seja, é o resultado de análise e síntese, de abstração e generalização.

Um outro processo complexo da memória que envolve a imagem de representação é o de conservação da imagem. Este processo trata da modificação da imagem da representação, como se fosse uma codificação, desse objeto devido: a discriminação e a ênfase dos atributos mais substanciais do objeto, e do desaparecimento de peculiaridades individuais, com uma profunda transformação da imagem mantida na memória.

Comparando as imagens das representações (imagens icônicas), com as imagens sucessivas e as imagens diretas eidéticas, podemos constatar que as primeiras são tipos complexos de traços da memória, que apresentam “semelhanças com os processos intelectuais que faz dela um dos mais importantes componentes da atividade cognitiva do homem” (LURIA, 1979b, p.67).

É sabido que a memória pode se manifestar distintamente entre os seres humanos. Os fatores que as diferenciam são: o nível de organização, ou a predominância visual, auditiva ou motora. É comum que a memória visual, auditiva e gustativa — formas sensoriais (visual, auditiva, motora) indiretas da memorização — se desenvolva dependente da atividade profissional.

Outro fator que influencia a memória são os “estados emotivos de colorido emocional” (LURIA, 1979b, p.81), que são retidos na memória de forma mais produtiva do que as impressões que não emocionam. Os estados de colorido emocional geram a mesma tensão provocada pelas tarefas inacabadas.

É sabido que uma intenção qualquer se retém solidamente na memória enquanto a tarefa está sendo executada e desaparece da memória tão logo se cumpre a tarefa. [...]. É justamente por força dessa regra que qualquer tarefa se conserva na nossa memória enquanto não se executa a habilidade correspondente e por isso mesmo os vestígios da atividade não acabada e não cumprida se mantém melhor na memória do que os vestígios da atividade acabada (LURIA, 1979b, p. 82).

Enquanto estiver sobre tensão, por não ter conseguido realizar determinadas tarefas, ou por não ter conseguido propor solução para problemas, o ser humano retém na memória tais tarefas e problemas. A tensão só desaparece quando obtiver êxito diante das tarefas e problemas.

À medida que o ser humano se desenvolve ocorrem mudanças na organização da sua memória. Nas etapas iniciais de desenvolvimento, a memória tem caráter direto e pode ser tomada como uma continuação da percepção. Ainda na idade escolar ocorre a mudança da memória elementar imediata em memória exteriormente mediata. São transformações psicológicas em que as formas imediatas naturais de memorização passam a ter caráter de processos psicológicos superiores, cuja origem é social (LURIA, 1979b).

Ao passar para uma faixa etária superior e para a idade madura o ser humano adquire capacidade de dominar a memorização interiormente mediata. Com o desenvolvimento da memória mediata, a relação direta com a percepção desaparece, e uma nova relação se estabelece, mas desta vez com o pensamento.

Nessa fase de desenvolvimento psíquico do ser humano, a memória voluntária apresenta caráter de uma complexa codificação do material, pois transforma o material memorizado em esquemas lógicos verbais (memória verbal). O adulto, ou o jovem com desenvolvimento superior, são capazes de realizar operações complexas de codificação lógica do material proposto a ser memorizado, e, portanto, “executam um complexo trabalho intelectual e o processo de memória começa, assim, a aproximar-se do processo de pensamento discursivo, sem, entretanto, perder o caráter de atividade mnemônica” (LURIA, 1979b, p.96).

Essas mudanças na organização da memória promovem transformações na personalidade do ser humano.

O grau de maior complexidade da memória humana cabe à memória verbal<sup>38</sup>. As principais fontes de conhecimento do ser humano são as informações verbais oriundas de livros, por exemplo. A informação verbal conservada na memória, resulta do recebimento por

---

<sup>38</sup> A memória verbal também é denominada memória associativa ou memória lógica.

parte do ser humano dos discursos verbais. Ao recebê-los o ser humano registra mais propriamente os significados das mensagens, do que as palavras que os veiculam. Portanto, a memória verbal não é o registro de palavras “imediatamente percebidas, mas, das *ideias* transmitidas pela comunicação” (LURIA, 1979b, p. 67).

Considera-se que a memória verbal é o resultado do processo de recodificação de uma mensagem, isto é, da transformação da informação verbal. Tal recodificação ocorre devido à discriminação do que é considerado como o mais substancial da mensagem, da abstração dos atributos secundários e da generalização dos aspectos centrais da informação.

Tudo que é registrado na memória pode ser reproduzido. Se uma pessoa pergunta a outra “você lembra o que é isso?” e lhe mostra um objeto, o que se espera é que a pessoa, a quem se cobra a lembrança, distinga nitidamente o objeto de todas as impressões secundárias, e na reprodução se limite a esse objeto, sem introduzir quaisquer impressões estranhas ou associações.

Ao memorizar algo, o ser humano tenta enquadrá-lo em determinado grupo semântico, em unidades culturais. O ato de organizar o material memorizado em estruturas semânticas (lógicas) amplia as possibilidades da memória e torna os registros mais estáveis.

O processo de memorização semântica é formado por

diversas operações lógicas auxiliares e, em essência, se assemelha ao processo de pensamento lógico com a única diferença de que os procedimentos destes pensamentos visam não apenas assimilar as conexões essenciais e as correlações dos elementos, mas também tornar esses elementos acessíveis à conservação na memória (LURIA, 1979b, p. 76).

O processo de memorização verbal (lógica) aproxima a atividade da memória ao pensamento e a reorganiza levando-a a adquirir caráter mediato (indireto), o que a torna mais eficaz.

Existe uma relação de dependência entre o ato de memorizar e as tarefas a serem realizadas pelos seres humanos. Será memorizado o que for necessário para atingir o objetivo da tarefa a ser executada. Contudo, é possível memorizar, também, aquilo que servir de obstáculo. Informações secundárias, que não estabelecem qualquer relação com o fim da tarefa, não costumam ser memorizadas.

O sucesso da memória, ou seja, da retenção do material na memória, depende do objetivo da tarefa proposta ao sujeito, e, também do grau de sua complexidade, sendo que, quanto mais complexa a atividade, mais trabalho será dedicado pelo ser humano e mais se consegue reter o material.

#### 4.2.1.4 O pensamento lógico

O comportamento motor-sensorial, ou instintivo, é a forma mais elementar do comportamento intelectual humano. Aparecem sob influência das inclinações congênicas básicas ou necessidades (alimentação, sexo) ou na resposta de influências externas imediatas. Tal comportamento, no entanto, tende a ceder lugar a novas formas de atividade, uma vez que o ser humano, se deixa influenciar pelo trabalho social no qual faz uso de ferramentas/instrumentos e pela linguagem.

No comportamento instintivo a atividade intelectual se encontrava subordinada à percepção direta. Em novas formas de atividade intelectual, “a percepção muda sob a influência dos esquemas abstratos que se formam com base na assimilação da experiência histórica e do domínio dos códigos abstratos da linguagem” (LURIA, 1979d, p. 4).

Nestas novas modalidades o ser humano passa a ter condição de: descrever sua tarefa usando palavras, de assimilar os princípios abstratos da solução para a tarefa; explicar a estratégia que usou para realizar a tarefa. O ser humano realiza tais ações tomando como base esquemas abstratos de linguagem, ao invés de usar imagens diretas, o que significa que seus planos e procedimentos de ação se tornam independentes da situação imediata. Quando isso ocorre, as tarefas complexas passam a ser resolvidas primeiramente na mente, para depois serem transformadas em ações exteriores. Tais mudanças caracterizam o chamado “salto do sensorial ao racional” (LURIA, 1979d, p. 99), e promovem transformações nas leis básicas da atividade psíquica.

O pensamento lógico-verbal é a forma mais elevada da atividade intelectual do homem. Essa forma de pensamento se baseia nos códigos da língua e em regras de produção de sentido que fazem com que o ser humano consiga: ir além da percepção sensorial imediata do mundo exterior, refletir sobre o estabelecimento de relações complexas, elaborar conceitos, chegar a conclusões, e realizar tarefas teóricas complexas. O pensamento lógico-verbal serve de base para a apropriação e para o emprego dos conhecimentos e se constitui no meio fundamental da complexa atividade cognitiva do homem.

O pensamento lógico-verbal possibilita que o ser humano desenvolva o raciocínio lógico e, com isso descubra as leis dos fenômenos que são inacessíveis à experiência imediata. Isto implica em pensar sobre a realidade de maneira mais profunda, colocando a atividade consciente do homem em um nível muito elevado.

Uma vez que o pensamento se processa usando como base a linguagem, é interessante conhecer como os signos linguísticos são estruturados. Isto implica em examinar a morfologia dos signos, como a palavra, a fim de revelar toda a complexidade da tarefa que exerce e para mostrar que é um complexo sistema de códigos que se formou na história da humanidade. Os signos são responsáveis por transmitir às pessoas, que os empregam, informações sobre: as propriedades essenciais constituintes de um objeto, suas funções básicas e as relações que estabelece com outros objetos.

O domínio da linguagem (codificação abstrata da informação) e a capacidade de assimilar novas formas de atividade material historicamente desenvolvidas levam o homem a realizar novas atividades de pesquisa e orientação. Isto quer dizer que as atividades deixam de ocorrer no campo direto, ou seja, se separam da situação imediatamente perceptível.

À vista do que apresentamos, é importante salientar que os processos psíquicos ora citados, “atuam numa relação indissolúvel entre si. A memorização pressupõe necessariamente a atividade da atenção, da percepção e da assimilação; a percepção compreende necessariamente a mesma função da atenção” (VIGOTSKI, 2009, p. 284). Tais relações de dependência entre linguagem, percepção, atenção, memória, e pensamento constituem um complexo sistema funcional que tem na função sócio o seu centro.

#### 4.2.2 ATIVIDADES CONSCIENTES HUMANA: INTERPRETAÇÃO E TRADUÇÃO

O trabalho com signos mobiliza o sistema funcional constituído pela linguagem, percepção, atenção, memória e pensamento, participando passiva ou ativamente, de toda atividade consciente realizada pelos seres humanos.

A atividade consciente no ser humano é engendrada: (i) pela composição genética, no que tange a capacidade biológica de desenvolvê-la; (ii) pelas experiências particulares; (iii) pela apropriação do conjunto de experiências oriundo do processo histórico-social da humanidade, que é ensinado pela geração atual para gerações futuras.

Os conhecimentos, as habilidades e as condutas dos seres humanos resultam da experiência de vivenciar distintas relações sociais, seja em instituições não formais como a família, clubes etc., ou seja, em instituições formais como a escola, a igreja, dentre outras.

A atividade consciente é determinada pelas impressões não evidentes — atributos não sensíveis — da realidade que os cerca, em outras palavras não é apenas determinada pela experiência direta, imediata com o mundo. Outra peculiaridade é o fato da atividade



consciente ser orientada pelas necessidades intelectuais que instigam a apropriação de novos saberes, que, por sua vez geram necessidades de: comunicar, ser útil socialmente, ocupar na sociedade determinada posição, dentre outras.

As peculiaridades que associamos à atividade consciente dos seres humanos estão relacionadas com dois fatores: o trabalho social vinculado ao uso de instrumentos de trabalho; e o surgimento da linguagem.

O ser humano, além de fazer uso de instrumentos de trabalho, prepara tais instrumentos. A atividade de criação ou modificação de um instrumento requer sentido, isto é, carece de conhecimentos sobre operação a ser executada, e sobre como este instrumento será utilizado (LURIA, 1979a). Envolve, também, a complexa separação e organização de ações auxiliares, engendrando formas novas de comportamentos orientadas pelo objetivo esperado com o uso do instrumento.

Todavia, além do trabalho social vinculado ao uso de instrumentos, as características fundamentais da atividade consciente dos seres humanos, também estão relacionadas com a apropriação e uso da linguagem.

O uso da linguagem, ou seja, o emprego de signos, é considerado um modo de atividade consciente importante para o desenvolvimento do ser humano, uma vez que incorpora “os meios pelos quais as gerações anteriores de seres humanos de um grupo social consideram proveitoso *categorizar* e *interpretar* o mundo para fins de comunicação interpessoal” (TOMASELLO, 2003, p.11, grifo nosso).

A atividade de categorização, por meio da linguagem, consiste na discriminação e abstração dos traços essenciais dos objetos e eventos perceptíveis capacitando os seres humanos a generalizá-los (formação de grupos e categorias).

A atividade de interpretar tem origem na hermenêutica, que no contexto dos estudos bíblicos, significa “interpretar” ou “entender”. A hermenêutica clássica (ou tradicional) é um complexo de teorias, princípios, regras e métodos que é utilizado para explicar os significados de textos bíblico, jurídico ou literário. É considerado um método capaz de decifrar significados indiretos, isto é, uma prática reflexiva capaz de revelar significados escondidos sob os significados aparentes (CROTTY, 1998).

A hermenêutica moderna é representada por: Dilthey, Heidegger, Gadamer e Ricoeur, os quais usaram a hermenêutica para abranger a existência geral do homem no mundo como um agente da linguagem.

Gadamer traça seu próprio caminho e propósito dentro da hermenêutica ao se distanciar de Dilthey, para quem a hermenêutica é uma metodologia para as ciências

humanas, e ao extrair de Heidegger a ideia de que a hermenêutica não é simplesmente um corpo de princípios ou regras para interpretar textos, mas, se refere à explicação fenomenológica da própria existência humana.

A hermenêutica de Gadamer não é um conjunto de métodos e técnicas para interpretar a essência da norma, mas sim é a tarefa de compreender o mundo e as coisas por meio da linguagem<sup>39</sup>. Em linhas gerais, a hermenêutica histórica de Gadamer possibilitou uma visão contemporânea da hermenêutica, na qual o processo interpretativo não busca desvelar o “exato” ou “correto”, mas a compreensão (CROTTY, 1998).

Nesta perspectiva, a interpretação começa sempre com conceitos prévios que serão substituídos por outros mais adequados. Os conceitos prévios são noções inerentes à cultura, que cumprem um papel central na análise de Gadamer. Deve-se, portanto, considerar a tradição cultural, que é um universo de significados que tem um componente factual no passado, mas também componentes do presente, uma vez que está sendo constantemente assimilada e interpretada (CROTTY, 1998). O intérprete, neste caso, é dotado de uma personalidade composta por fatores biológicos, psíquicos e socioculturais que se interagem, tem seu próprio ponto de vista, a partir de uma perspectiva, sendo certo que a realidade de cada coisa a interpretar se apresenta sob diferentes perspectivas.

A hermenêutica clássica é a origem para a concepção, entre os linguistas, de que a interpretação é uma espécie de explicitação do significado que está contido no objeto de interpretação (texto, palavras, fórmulas), ou seja, é o ato de interpretar entre um significado tido como inerente ao objeto de interpretação e o leitor que deseja atingir tal significado. O ato interpretativo avalia propostas diferentes e divergentes de interpretação de um mesmo objeto de interpretação, elegendo como a correta aquela que explicita o significado original, e classifica as outras como as equivocadas ou não autorizadas. Nesta perspectiva, a interpretação é semelhante à representação do significado original (ARROJO, 2003).

Já a hermenêutica moderna, como a de Gadamer, influenciou outra maneira dos linguistas pensarem sobre a atividade de interpretação, que embora seja concorrente da perspectiva anterior, não é conflitante. Neste caso, a interpretação consiste em um processo de ampliação do significado original, cuja apreensão seria mais adequada denominar de

---

<sup>39</sup> Pensamento gadameriano: (1) nós somos um ser histórico, vivemos uma tradição; (2) a tradição está colada com a linguagem (CROTTY, 1998).

compreensão. Nesta concepção de interpretação, se admite que novas matizes de significação podem ser acrescentadas ao significado original (ARROJO, 2003).

A ideia moderna acerca da atividade de interpretação se aproxima da concepção de Umberto Eco. Para o semiótico italiano, a interpretação pode ser entendida como a ação de evidenciar o significado intencionado pelo proponente do signo (autor de um texto), ou a natureza objetiva do signo (ECO, 2011). Diante de um signo, devemos nos preocupar mais com os significados do que com o objeto representado, pois “uma expressão não designa um objeto, mas veicula um conteúdo cultural” (Eco, 2000, p.51). Um signo, por exemplo uma palavra, desprovido de significado é um signo morto, não passa de uma expressão escrita, sonora, pictográfica etc. (VIGOTSKI, 2009).

A interpretação pode ser vista como a compreensão de uma informação verbal emitida por uma pessoa que sofre uma recodificação ao ser recebida por outra pessoa (destinatário). Essa recodificação é o resultado da discriminação do que é considerado como o mais substancial da mensagem, da abstração dos vestígios secundários e da generalização dos aspectos centrais da informação (LURIA, 1979b).

Na perspectiva da psicologia histórico-cultural é comum que o sistema de relações semânticas — ausência de um código, ou a posse de um código que não prevê casos formados por contextos imprevisíveis e por circunstâncias inéditas e complexas — presente em um signo constituído por significados de um conceito, permita ao ser humano pensar por diferentes percursos no interior dos sistemas conceituais, que são determinados pela "amplitude" e a "profundidade" desse sistema de relações, gerando diferentes interpretações entre pessoas distintas.

A possibilidade de diferentes interpretações de uma mesma mensagem também está prevista na semiótica de Umberto Eco. Nesta perspectiva a existência de muitos códigos, ou a ausência dos mesmos, ou a indefinida variedade de contextos e de circunstâncias, pode fazer com que uma mensagem possa ser interpretada (decodificada) sob pontos de vista diferentes. Embora a denotação de base possa ser entendida igualmente pelo emissor e pelo destinatário, as conotações podem ser diferentes, basta que o destinatário siga percursos de leitura diversos dos previstos pelo emissor. Isto significa que cabe ao destinatário a interpretação final (ECO, 2000).

A atividade de interpretação pode acontecer associada à atividade de tradução, na realidade é comum que o processo interpretação seja precedido pelo processo de tradução (ECO, 2011).

No âmbito da linguística, a concepção tradicional considera o ato de traduzir como sendo a transferência de uma mensagem de uma língua para outra, a chamada tradução *ad verbum* (palavra por palavra), na qual ocorre a simples transferência de termos entre línguas (SILVA, 2015). Por sua vez, a visão contestadora aponta outros elementos que interferem na tradução, que “não é apenas uma operação de transferência linguística, mas, também um processo que gera novas formas textuais, cria novas formas de conhecimento e introduz novos paradigmas culturais” (ARROJO, 1994, p.46). Esta é denominada tradução *ad sensum* (sentido por sentido) (SILVA, 2015).

Por mais simples que seja, a atividade de tradução pode revelar: as opções, as circunstâncias, o tempo e a história do sujeito interpretante (ARROJO, 1994). Em outras palavras, a tradução depende da perspectiva do interpretante, portanto, não é uma compreensão neutra e desinteressada ou a explicitação adequada, ou não, de significados veiculados por expressões.

Para traduzir um signo é preciso tomar a decisão sobre a que se fará referência, e para isso é fundamental levar em conta o contexto. É justamente o contexto que servirá de limites da interpretação, e conseqüentemente, da tradução; é quem reduz ou amplia os significados de um signo, além de servir como elemento que válida ou invalida uma interpretação (GONÇALVES, 2004).

Neste trabalho, os signos químicos, selecionados como objeto de interpretação, foram convencionalmente propostos e socialmente aceitos com o objetivo de tornar universais os significados veiculados por suas expressões, de modo que a maioria da comunidade química fizesse uso de uma mesma linguagem. No caso particular da nomenclatura química sistemática, sabe-se que fora proposta para: descrever compostos ou classes de compostos; resolver ambigüidades; esclarecer onde houver confusão sobre a maneira em que deve ser usada; e ajudar aos usuários menos familiarizados (estudantes de química ou os não químicos, mas que manipulam produtos químicos no trabalho ou em casa) (CONNELLY et al., 2005).

Diante dos objetivos da normatização da linguagem química, concebemos que a atividade de interpretação de expressões de signos químicos tem o compromisso de revelar significados originalmente correlacionados às expressões químicas, contudo, não desconsideramos o fato de tal atividade depender dos conhecimentos prévios do interprete.

Uma vez que os químicos, experientes ou aprendizes, costumam transitar entre as expressões químicas ao especularem sobre a composição e a estrutura dos materiais (KOZMA, 2000), admitimos que há uma ligação intrínseca entre as atividades de interpretação e tradução na ciência Química.

Consideramos que a atividade de tradução mais peculiar no âmbito da Química ocorre mediante a transferência de significados de uma expressão para outra, por exemplo: |nomes de substâncias| para |fórmulas empíricas|, e vice-versa; ou das |fórmulas empíricas| para as frases que expressam os significados do conceito «composição química» veiculados pelas mesmas. Embora seja uma tradução *ad verbum*, deve-se levar em conta a perspectiva do sujeito que realiza tal atividade. Perspectiva que é formada nas interações que se produzem em micromeios institucionais, como, as salas de aula, e por meio dos tipos de atividades que nelas se desenvolvem (NUÑEZ, 2009).

Destarte, tomamos como princípio que o emprego de signos é uma atividade consciente que incorpora a atividade de interpretação e, conseqüentemente, a atividade de tradução. Atividades, que por sua vez, mobilizam: linguagem, percepção, atenção, memória e pensamento lógico.

A maneira como o sistema funcional, constituído pela percepção, atenção, memória e pensamento lógico, é utilizado nas atividades de interpretação e tradução das expressões dos signos, é evidenciado por meio da realização de ações auxiliares (Quadro 4).

Processos psíquicos	Ações auxiliares correspondentes
PERCEPÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discriminar indícios (cor, forma, propriedades táteis, peso, sabor etc.);</li> <li>• Comparar o conjunto de indícios percebidos com o conhecimento anterior sobre o objeto;</li> <li>• Identificar o objeto.</li> </ul>
ATENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar a informação necessária;</li> <li>• Converter as informações relativas a essa tarefa em centro da atenção;</li> <li>• Determinar sucessivo fluxo de suas associações para realizar a tarefa;</li> <li>• Realizar atividades de modo automático (grau de automatização).</li> </ul>
MEMÓRIA	REPRESENTACIONAL
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar nova imagem de objetos criada a partir da discriminação e ênfase de traços mais substanciais do objeto, e pelo descarte de peculiaridades individuais (cor, forma, sabor, etc.) (codificação).</li> </ul>
	VERBAL
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar as mensagens veiculadas pelas palavras que as veicula, a partir do que recebe dos discursos verbais orais ou escritos.</li> <li>• Recodificar uma mensagem, isto é, transformar a informação verbal recebida, ao discriminar o mais substancial da mensagem, ao abstrair vestígios secundários e ao generalizar aspectos centrais da informação.</li> <li>• Reproduzir o objeto memorizado: distinguir o objeto de todas as impressões secundárias, sem introduzir nele quaisquer impressões estranhas ou associações.</li> <li>• Codificar o material, ao transformar o material memorizado em esquemas lógicos verbais (memória verbal).</li> </ul>

Quadro 4: Ações auxiliares correspondentes aos processos psíquicos nas atividades de interpretação e tradução de expressões.

Processos psíquicos	Ações auxiliares correspondentes
PENSAMENTO LÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer relações entre conceitos;</li> <li>• Elaborar conceitos;</li> <li>• Chegar a conclusões;</li> <li>• Generalizar;</li> <li>• Realizar tarefas teóricas complexas;</li> <li>• Permitir o desenvolvimento do raciocínio lógico (descobre as leis dos fenômenos que são inacessíveis à experiência imediata).</li> </ul>

Quadro 4: Ações auxiliares correspondentes aos processos psíquicos nas atividades de interpretação e tradução de expressões (continuação).

As ações auxiliares ora apresentadas podem ser utilizadas como indicadoras da atuação dos processos psíquicos nas atividades de interpretação e tradução das expressões dos mais diversos signos.

No caso específico da interpretação e tradução das [fórmulas empíricas] — parte perceptível do signo composição química—, por exemplo, as ações auxiliares apresentam algumas peculiaridades (Quadro 5).

Processos psíquicos	Ações auxiliares correspondentes
PERCEPÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discriminar aspectos perceptíveis da expressão [fórmula empírica] (marcas semânticas): símbolo dos elementos químicos, índices numéricos escritos ou não; ordem de escrita dos símbolos;</li> <li>• Comparar as marcas semânticas percebida com o conhecimento químico acerca do objeto.</li> </ul>
ATENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar as marcas semânticas da expressão fórmula empírica e/ou os «significados» do conceito composição química necessários para resolver a situação problema;</li> <li>• Converter as marcas semânticas da expressão [fórmula empírica] e/ou os «significados» do conceito composição química, em centro(s) de atenção;</li> <li>• Direcionar-se pelo objetivo da situação problema e/ou pelo grau de automatização com que resolve a situação problema.</li> </ul>
MEMÓRIA	REPRESENTACIONAL
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar a imagem da [fórmula empírica] criada a partir da discriminação de marcas semânticas mais substanciais, e pelo descarte de «significados» do conceito composição química específicos das substâncias representadas pelas [fórmulas empíricas], como: tipos de constituintes, tipos de ligações químicas etc.</li> </ul>
	VERBAL
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar os «significados» do conceito composição química veiculados pelas [fórmulas empíricas], a partir do que recebe dos discursos verbais orais ou escritos;</li> <li>• Reproduzir os «significados» do conceito composição química registrados, além de expressões, normas e outros conceitos químicos;</li> <li>• Registrar as relações entre os «significados» do conceito composição química, e deste com outros conceitos químicos.</li> </ul>

Quadro 5: Processos psíquicos e suas respectivas ações auxiliares inerentes às atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas.

Processos psíquicos	Ações auxiliares correspondentes
PENSAMENTO LÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Categorizar as substâncias representadas pelas [fórmulas empíricas], isto é generalizar, em determinados grupos semânticos, como: compostos orgânicos ou inorgânicos; compostos iônicos, covalentes ou metálicos; metais ou ametais etc.;</li> <li>• Estabelecer relações entre os «significados» do conceito composição química, e entre esse com outros conceitos químicos;</li> <li>• Chegar a conclusões, ou seja, propor soluções para as situações problemas que abordem a composição e as transformações dos materiais.</li> </ul>

Quadro 5: Processos psíquicos e suas respectivas ações auxiliares inerentes às atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas (continuação).

Uma vez que interpretação e tradução dependem do sujeito que as realiza, pensamos que não convém estabelecermos uma sequência única para as ações auxiliares nas atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas. Contudo, podemos estabelecer uma sistematização, no intuito de ilustrar como as mesmas se articulam e ocorrem.

Todo processo pode iniciar com o uso da percepção para discriminar marcas semânticas das fórmulas empíricas. A partir do que fora percebido, o pensamento lógico possibilita: a identificação de possíveis significados do conceito composição química correlacionados às marcas semânticas discriminadas; e o estabelecimento de relações entre os significados do conceito composição química identificados, ou destes com outros conhecimentos químicos ou de outras áreas de conhecimento, dando origem a outros significados. Ocorrem, então, as generalizações. Por sua vez, a identificação depende da reprodução de: «significados» do conceito composição química, outras expressões, normas e outros conceitos químicos, memorizados.

A percepção, a memória e o pensamento lógico, portanto, fornecem: as marcas semânticas das [expressões], os «significados» do conceito composição química e outros conceitos (generalizações), para que a atenção, orientada pelo objetivo da situação problema, selecione aquele(s) que pode(m) convertido(s) em centro de atenção, e que passam a ter a função de orientar a proposição de soluções para a situação problema. Todavia, cabe ao pensamento lógico o emprego dos «significados» do conceito composição química, com vistas à elaboração de uma conclusão que resolva o desafio.

É importante ter consciência de que realizamos interpretação e tradução de expressões de signos químicos, como, as [fórmulas empíricas], pois, ao tornar tais atividades um objeto de consciência, passamos a ter uma outra relação com as mesmas, pois, as destacamos da atividade geral da consciência. A final, “toda generalização escolhe de certo modo um objeto. É por isso que a tomada de consciência, entendida como generalização,

conduz imediatamente à apreensão” (VIGOTSKI, 2009, p. 290). Em outras palavras, ao passo que tomamos consciência de que interpretamos e traduzimos expressões de signos químicos, estamos aprendendo a realizá-las. A aquisição de tal capacidade pode influenciar na apropriação e maneira como empregamos os signos químicos, e, conseqüentemente, na formação do pensamento químico.

À vista do exposto, consideramos que o aporte teórico ora apresentado apresenta princípios e fundamentos necessários para fundamentar o desenvolvimento da pesquisa sobre como os processos psíquicos atuam durante a interpretação e a tradução das |fórmulas empíricas| pelos licenciandos em química, durante as resoluções de problemas.

### 4.3 METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado para analisar como os processos psíquicos atuam durante a interpretação e a tradução de |fórmulas empíricas| pelos licenciandos em química, durante as resoluções de problemas, foi o qualitativo, cujos dados fazem referência ao contexto, além de fornecerem uma visão rica do comportamento humano (GUBA; LINCOLN, 1994). O método qualitativo nos permite compreender os sujeitos participantes como seres históricos, além de analisar e caracterizar as condições nas quais ocorre todo o processo investigativo e, não somente, seus resultados e possíveis produtos (TRIVIÑOS, 2007). Uma vez que buscamos compreender como os estudantes lidam com significados, esse método mostra-se apropriado.

#### 4.3.1 SUJEITOS DA PESQUISA

Participaram da pesquisa oito estudantes do curso de Licenciatura de Química da Universidade Federal da Bahia. Elaboramos o Quadro 6 com as informações de cada um dos licenciandos que participaram da pesquisa.

Os nomes dos licenciandos foram substituídos por rótulos alfanuméricos para representar os licenciandos em química participantes da pesquisa preservando, assim, suas identidades.

Optamos por selecionar licenciandos que se encontravam em momentos distintos do curso, uma vez que, a vivência de diferentes conjuntos de disciplinas poderia engendrar sistemas conceituais distintos a serem correlacionados aos nomes das substâncias e às



fórmulas químicas, contraindo signos a serem utilizados para resolver os problemas de química.

LICENCIANDOS	INFORMAÇÕES
E1	Estava no 9º Semestre da Licenciatura em Química com 100% das disciplinas específicas cursadas.
	Cursou a Escola Técnica Federal
	Possui graduação em química industrial pela UFBA Trabalhou na indústria química
E2	Estava no 5º Semestre da Licenciatura em Química com 65% das disciplinas específicas cursadas.
	Cursou o ensino médio na rede estadual de ensino Técnico em química pelo Centro de Educ. Tecnológica do Estado da Bahia
	Trabalhou na indústria química
E3	Estava no 4º Semestre da Licenciatura em Química com 53% das disciplinas específicas cursadas.
	Cursou o ensino médio em uma Escola ligada ao SESI Cursou Edificações no SENAI
	Trabalhou no comércio
E4	Estava no 5º Semestre da Licenciatura em Química com 59% das disciplinas específicas cursadas.
	Cursou o ensino médio em um colégio da rede particular de ensino
	Trabalhou como monitor em um curso pré-vestibular.
E5	Estava no 7º Semestre da Licenciatura em Química com 82% das disciplinas específicas cursadas.
	Cursou o ensino médio na rede estadual de ensino
	Nenhuma experiência de trabalho
E6	Estava no 4º Semestre da Licenciatura em Química com 53% das disciplinas específicas cursadas.
	Cursou o ensino médio em um colégio da rede particular de ensino
	Trabalha como monitor em um curso pré-vestibular
E7	Estava no 6º Semestre da Licenciatura em Química com 82% das disciplinas específicas cursadas.
	Cursou o ensino médio no Colégio Militar da Bahia.
	Nenhuma experiência de trabalho.
E8	Estava no 8º Semestre da Licenciatura em Química com 88% das disciplinas específicas cursadas.
	Cursou o ensino médio na rede estadual de ensino. Técnico em processos industriais no Centro de Educ. Tecnológica do Estado da Bahia
	Trabalha na indústria química.

Quadro 6: Informações sobre os licenciandos em química participantes da pesquisa.

Realizamos a coleta de dados com oito licenciandos. E para estarmos coerentes com o referencial teórico que orientou esta pesquisa, obtivemos algumas informações sobre os licenciandos: 1) a formação escolar; e 2) atividade profissional já vivenciada; uma vez que estas experiências poderiam vir a explicar os conhecimentos empregados por cada um dos licenciandos no transcorrer da pesquisa. Vale lembrar que consideramos que os fatores sociais, políticos, culturais, econômicos, étnicos vivenciados pelos licenciandos podem gerar distintas interpretações da realidade com a qual se relacionam.

Ao serem convidados a participar da pesquisa, explicamos que se tratava de uma investigação na área de ensino de química e que envolvia o tema linguagem química. Foram informados que seriam solicitados a resolverem uma situação problema, que denominamos de desafio, e que concomitantemente, seriam observados e entrevistados. Os participantes, sem hesitação, autorizaram a gravação de áudio e vídeo de todo procedimento de coleta de dados. Todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE 1).

#### 4.3.2 COLETA DE DADOS

Ao planejarmos a produção de dados para nossa investigação, decidimos propor que os licenciandos em química, participantes da pesquisa, buscassem solução para um desafio que envolvia a interpretação e tradução de fórmulas empíricas— expressões do signo composição química. A decisão foi fundamentada no fato de que é diante da tarefa de propor soluções para situações problemas que o indivíduo emprega o signo, gerando, assim o ambiente propício para o desenvolvimento de conceitos (VIGOTSKI, 2009).

No desafio<sup>40</sup> disponibilizamos quinze cartões, nos quais estavam escritas fórmulas empíricas de compostos binários inorgânicos, em cada um deles. O desafio foi planejado para que ocorresse em duas etapas. Na primeira etapa solicitamos a cada um dos licenciandos que formassem grupos com as fórmulas, a partir de critérios escolhidos por eles. Ao finalizarem a tarefa, solicitamos que expusessem os critérios adotados.

Essa primeira etapa do desafio, além de servir para que os licenciandos entendessem a metodologia da tarefa, também, serviu como uma primeira fonte de dados para a pesquisa, isto é, de indicativo das ações auxiliares que poderiam ser realizadas durante a interpretação e tradução das |fórmulas empíricas| escrita nos cartões.

Propusemos uma segunda tarefa, dentro do desafio, distinta da que fora proposta na primeira etapa do desafio, no intuito de verificar se os licenciandos realizariam as tarefas de formas distintas, uma vez que: a percepção é plástica, ou seja, se modifica em função da tarefa que se coloca diante do sujeito; a atenção é direcionada pelo objetivo a ser alcançado na realização de uma tarefa pelo ser humano; e a memória recupera o que for necessário para atingir o objetivo da tarefa a ser executada (LURIA, 1979b).

---

<sup>40</sup> O desafio foi pensado e elaborado a partir do experimento de Sakharov, um dos colaboradores de Vigotski, cujo material fora aplicado nos estudos acerca da formação do conceito. A descrição do experimento consta no livro: VYGOTSKY, L.S. *Obras Escogidas*. Madrid: A. Machado Libros, 2001. v.2, p.127-128.

Nessa segunda tarefa, pedimos aos licenciandos que formassem grupos com as [fórmulas empíricas] escrita nos cartões, porém, desta vez, deveriam formar cinco grupos com os quinze cartões disponíveis, de modo que, em cada grupo só poderia haver três cartões.

Propositadamente, selecionamos um critério específico para ser a solução da tarefa na segunda etapa do desafio. Qualquer outro critério que fosse utilizado pelos licenciandos não serviria para resolver a segunda etapa do desafio. O critério pensado por nós fora o aspecto quantitativo do conceito composição química: «a proporção entre os elementos constituintes das substâncias» representadas pelas fórmulas empíricas.

Embora não seja comum, na comunidade química, o uso desse critério para o estabelecimento de grupos de substâncias, consideramos que os licenciandos sabiam da circunstância de serem participantes de uma investigação na área de ensino de química e que envolvia o tema linguagem química. Portanto, poderíamos esperar que os licenciandos propusessem soluções para o desafio proposto considerando tal circunstância, uma vez que a circunstância de comunicação “orienta os destinatários para inferirem a ideologia do remetente e, por conseguinte, os subcódigos a que pode ter feito referência” (ECO, 2010, p.68).

A escolha do critério foi fundamentada no nosso interesse em apresentar uma tarefa que solicitasse dos licenciandos uma interpretação que os fizesse perceber parte da nossa intenção ao selecionar as fórmulas para a tarefa, como nas cenas de atenção conjunta, e que os levasse a realizar o máximo de ações auxiliares que constituem tal atividade. Digo PARTE DA INTENÇÃO porque houve mais de uma intenção: a escolha das «proporções» foi feita com uma intenção, mas, a escolha dos elementos foi feita com outras.

Utilizando tal critério, esperávamos que os licenciandos formassem os seguintes grupos (Quadro 7):

PROPORÇÕES	FÓRMULAS EMPÍRICAS
1:1	CaS; MgO; HCl
1:2	CaBr <sub>2</sub> ; HgCl <sub>2</sub> ; NO <sub>2</sub>
1:3	BH <sub>3</sub> ; ClF <sub>3</sub> ; FeCl <sub>3</sub>
2:1	N <sub>2</sub> O; H <sub>2</sub> Se; Li <sub>2</sub> S
2:3	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>

Quadro 7: Proporções entre elementos constituintes das substâncias e respectivos grupos de fórmulas empíricas.

Já que, o nosso acesso às atividades conscientes de interpretação e tradução das [fórmulas empíricas] pelos licenciandos dependeria da linguagem externa (falada e/ou escrita) dos mesmos, à medida que resolviam o desafio, realizamos entrevistas abertas, por meio das

quais esperávamos obter informações a partir dos seus pontos de vista (LICHTMAN, 2010), sobre a maneira como usariam os signos químicos na resolução dos problemas teóricos químicos.

Durante a entrevista tomamos notas de perguntas, comentários e ações dos entrevistados que pensamos serem relevantes. Realizamos, também, anotações por escrito dos comportamentos, gestos, reações emotivas dos licenciandos, e das ações dos mesmos, como: a manipulação dos cartões etc. Tais anotações aconteceram no momento em que acompanhamos a resolução do desafio, e, também, ao assistirmos o material registrado em áudio e vídeo.

#### 4.3.3 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

A análise dos dados se baseou nas respostas dos estudantes ao desafio proposto. À medida em que os oitos licenciandos resolviam o desafio, íamos submetendo-os à observação e a uma entrevista. O comportamento e as falas dos licenciandos foram filmados — registrados em áudio e vídeo—, e posteriormente, transcritos, tomando o formato de texto. De posse dos textos referentes às resoluções propostas por cada um dos oito licenciandos, realizamos a análise dos dados.

Segmentamos os textos, e definimos os trechos que nos serviriam de unidades de análise. O critério que utilizamos para a seleção dos trechos foram as explicações sobre como os licenciandos procederam para resolver o desafio, mais especificamente, a exposição do(s) critério(s) que utilizaram para formar os grupos de fórmulas empíricas.

Ao mesmo tempo, realizamos a codificação marcando os segmentos com colchetes para definir onde começavam e onde terminavam. Em seguida, realizamos a categorização, isto é, agrupamos segmentos com características semelhantes, marcados com o mesmo código.

A análise de conteúdo dos trechos das entrevistas foi orientada pelas categorias apresentadas no Quadro 5 (ver páginas 205 e 206), definidas a partir do objetivo desta pesquisa e do referencial teórico elaborado por nós, ao estabelecermos articulações entre a semiótica de Umberto Eco e a psicologia histórico-cultural de Vigotski e colaboradores. Procuramos identificar o uso de verbos presentes neste quadro (lembrar, recordar, identificar, discriminar, abstrair, selecionar, registrar etc.) que poderiam aparecer nos dados como termos enunciados pelos licenciandos e /ou ações praticadas pelos mesmos durante a resolução dos

problemas. Além dos verbos, buscamos expressões, ou frases, ditas pelos licenciandos que nos remetesse às ações auxiliares correspondentes à percepção, à atenção, à memória e ao pensamento lógico, tomando como base a inferência ou a dedução, levando em consideração os critérios de frequência, estruturas temáticas, entre outros (BARDIN, 2002).

Após a resolução do desafio, fizemos, ainda, algumas perguntas (Quadro 8) previamente definidas, gravadas em áudio e vídeo, no intuito de obter informações que pudessem nos auxiliar a traçar um perfil dos pesquisados.

Nome-	
Curso na graduação-	Ano de ingresso-
Escola do ensino médio -	Ano de conclusão do ensino médio-
Curso técnico-	Ano de conclusão-
Trabalha como-	
. Quando ouve a palavra fórmula, em que você pensa?	
. Em que tipo de fórmula química você pensa assim que ouve o termo fórmula?	
. Lembra quando lhe apresentaram pela primeira vez uma fórmula química?	
. Recorda como lhe ensinaram a elaborar uma fórmula química?	
. Conhece alguma regra para escrever as fórmulas químicas?	
. Com que químico você relaciona a proposição das fórmulas químicas?	
. Consegue relacionar a fórmula química à alguma teoria ou lei inerente à ciência química?	
. Lembra de ter estudado a história das fórmulas químicas? Quando? Em alguma disciplina específica?	

Quadro 8: Entrevista semiestruturada.

#### 4.4 ANÁLISE E RESULTADOS

Os resultados oriundos da análise sobre como os processos psíquicos atuam durante a interpretação e a tradução das fórmulas empíricas pelos licenciandos em química em ambas as tarefas do desafio, podem ser consideradas como atividades conscientes realizadas pelos licenciandos em química ao resolverem o desafio que lhes fora proposto. Isso porque as atividades de interpretação e tradução que constituem o emprego do signo composição química se caracterizam por: (i) terem origem na apropriação de conhecimento produzido pela humanidade; (ii) serem atividades realizadas com frequência no curso de Licenciatura em Química, ou seja, fazem parte da interação social no âmbito da educação formal; (iii) abordarem impressões não evidentes, isto é, lidam com conceitos, logo são experiências mediatas, e não exclusivamente imediatas (diretas) com objetos, fenômenos e eventos; (iv) serem orientadas pela necessidade dos licenciandos de se apropriarem de mais conhecimento, especificamente, da ciência Química.

No processo de formação de um conceito, o ponto fulcral, é o emprego funcional do signo, que é o meio pelo qual os seres humanos orientam suas ações, no intuito de resolver os problemas aos quais são submetidos (VIGOTSKI, 2009). Considerando que o objetivo e complexidade dos problemas interferem na maneira como os seres humanos tentam resolvê-los, optamos por organizar os resultados e suas respectivas análises, em diferentes subseções apresentadas a seguir.

#### 4.4.1 RESULTADOS E ANÁLISE GERADOS NA PRIMEIRA ETAPA DO DESAFIO

Na primeira tarefa do desafio, orientamos que os licenciandos formassem grupos com as quinze fórmulas escritas nos cartões a partir de critérios definidos por eles próprios. Os trechos de entrevistas com os licenciandos E1, E3 e E4 exemplificam como eles e os licenciandos E2 e E7 procederam para resolver essa primeira tarefa:

P: Já formou um primeiro grupo? Como fez?

E1: Na verdade, eu estou destacando os elementos em comum que tem nas fórmulas. [...] Aqui ( $\text{BH}_3$ ) temos um hidreto, trihidreto de boro e um seleneto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{Se}$ ), todos tem hidrogênio.

E3: Primeiro eu juntei os óxidos ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), por causa do oxigênio. Aqui ( $\text{ClF}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HgCl}_2$ ) eu relacionei com cloro, são compostos clorados. Aqui ( $\text{Li}_2\text{S}$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) os sulfonados, por causa do enxofre. Estes ( $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{BH}_3$ ) hidretos. E aqui mesmo com este ( $\text{CaS}$ ) tendo enxofre, eu separei estes ( $\text{CaS}$ ,  $\text{CaBr}_2$ ) com cálcio.

P: O critério foi a presença de mesmos elementos?

E3: Sim, os principais, hidrogênio, oxigênio, cloros...

E4: Eu formei os grupos de acordo com o final de cada...com o elemento químico final de cada substância (aponta com a caneta para os símbolos). Todos esses aqui possuem... No final... Não, na verdade, com os elementos em comum em cada substância, então esses aqui ( $\text{CaS}$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ) eu consigo ver que possuem em comum, o enxofre, esses ( $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ) o oxigênio, e esses ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{ClF}_3$ ) cloro. Esses aqui ( $\text{BH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{CaBr}_2$ ) ficaram sozinhos...

Os trechos de entrevista evidenciam que o critério adotado por esse grupo de licenciandos, isto é, o centro de atenção fora a presença dos mesmos símbolos de elementos químicos nas fórmulas empíricas, ou seja: das mesmas marcas semânticas.

Para chegarem a esta conclusão, notamos que os licenciandos E1, E2, E3, E4 e E7, por meio da percepção, discriminaram as marcas semânticas: símbolos de elementos químicos. Recordaram as denominações dos elementos simbolizados e agruparam as fórmulas

pelo critério de semelhança possuir «elemento químico» em comum. Notamos que os licenciandos reproduziram os nomes dos elementos químicos memorizados, uma vez que não consultaram qualquer material de informação verbal como: livros, Tabela Periódica etc.

Verificamos que, uma vez formados os grupos de |fórmulas empíricas| a partir do «elemento químico» em comum entre as mesmas, os licenciandos trataram de incluí-los em uma categoria e de enquadrá-los em determinado grupo semântico:

E2: Escolhi pelo semelhante, né? Aqui ( $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{HCl}$ ) temos ácidos, ácido clorídrico. Aqui ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) são óxidos. Aqui são sais ( $\text{CaBr}_2$ ,  $\text{ClF}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ). Aqui ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ ) o grupo dos sulfetos. Aqui ( $\text{BH}_3$ ) um hidreto. E aqui ( $\text{HgCl}_2$ ) eu fiquei na dúvida se poderia classificar como sal, mas é um composto tóxico, então deixei ele a parte.

E7: Aqui ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) eu tentei selecionar os óxidos. Aqui ( $\text{CaBr}_2$ ,  $\text{ClF}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HgCl}_2$ ) eu separei os sais. Aqui ( $\text{CaS}$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) eu tentei agrupar os sulfetos, e esses aqui ( $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{BH}_3$ ) são hidretos, e esse ( $\text{HCl}$ ) classifiquei como ácido.

Os trechos de entrevistas ora apresentados demonstram que os licenciandos se referiram às substâncias representadas pelas fórmulas empíricas usando as expressões: |óxidos|, |sulfetos|, |hidretos|, |sais| e |ácidos|. Uma vez que essas expressões são utilizadas para nomear as classes das substâncias inorgânicas, inferimos que os licenciandos, ao pensarem de forma lógica, categorizaram semanticamente as substâncias, ou seja, generalizaram.

Ao questionarmos porque determinado grupo de substâncias havia sido classificado como |óxidos|, obtivemos respostas como esta:

E1: Aqui (aponta para as fórmulas  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ) são os óxidos na primeira coluna. A segunda, formei com cloretos (aponta para  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ). A terceira formei com sulfetos (aponta para  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ ). A quarta, halogenetos ( $\text{CaBr}_2$ ,  $\text{ClF}_3$ ) digamos assim.

P: Por que esses da primeira coluna são óxidos?

E1: A princípio eu tenho óxidos onde eu vejo que tem o oxigênio.

As falas dos estudantes sugerem um significado muito simples para |óxido|: «composto que tem oxigênio na sua fórmula». Sendo assim, a generalização produzida possui baixa abstração, pois tem como base um ato perceptivo, e não, interpretativo.

Os licenciandos já haviam trabalhado classes de compostos em disciplinas no ensino superior, de modo que, é de supor que mantivessem algum registro a esse respeito na memória. É possível que, por falta de uso, o registro haja perdido significado e se resumido.

A nossa inferência acerca dos fundamentos das generalizações dos licenciandos E1, E2, E3, E4 e E7 tem como base não só análise dos conteúdos dos trechos de entrevistas, mas, também, das anotações acerca da conduta dos licenciandos. Por exemplo, observamos que os licenciandos indicavam com a ponta da caneta o símbolo do elemento oxigênio em uma das fórmulas e, em seguida procuravam enxergar em quais outras [fórmulas empíricas] havia o símbolo do oxigênio, e, então, as agrupavam.

Notamos que os licenciandos logo perceberam que ao procederem dessa maneira, resolveriam a tarefa. O entusiasmo de cada um dos licenciandos ao terem conseguido definir um critério que os levariam a atingir o objetivo da tarefa, com certa rapidez e facilidade, possivelmente, dificultou o direcionamento da percepção e da atenção para outras possibilidades, isto é, para a discriminação de outras marcas semânticas da [fórmula empírica] e a identificação de outros significados do conceito composição química. Essa condição inibiu o estabelecimento de relações entre conceitos e a reprodução de outros conhecimentos memorizados, dificultando a elaboração de outras opções de critério para formar os grupos de fórmulas empíricas. Consideramos, portanto, que o interesse em realizar a tarefa prevaleceu sobre os procedimentos adotados.

Contudo, o fato de considerarmos que os licenciandos E1, E2, E3, E4 e E7 realizaram generalizações com base na experiência direta com as fórmulas escritas nos cartões, poderia ter nos levado a pensar que os licenciandos eram incapazes de ir além da discriminação das marcas semânticas sensíveis (perceptíveis) das [fórmulas empíricas]. Contudo, o trecho de entrevista apresentado a seguir, demonstra que o licenciando E1 tentou usar a «eletronegatividade dos elementos químicos» para explicar porque inicialmente havia formado o grupo [CaBr<sub>2</sub>, ClF<sub>3</sub>]:

E1: O flúor é o mais eletronegativo que o cloro...é o fluoreto de cloro...e aqui brometo de cálcio... Não, não vou usar isso não, esquece.

Neste caso, o licenciando E1 identificou um outro significado do conceito composição química veiculado pelas fórmulas empíricas.

Ainda sobre as generalizações realizadas pelos licenciandos E1, E2, E3, E4 e E7, nos chamou a atenção o uso da expressão [ácido] para denotar «uma classe de substância». O trecho de entrevista abaixo evidencia tal ocorrência:

E1: Aqui (FeCl<sub>3</sub>, HgCl<sub>2</sub>, HCl) são cloretos, de ferro, de mercúrio... Espera... É aqui tem um ácido (aponta para HCl)... Então aqui (HCl) tem mais uma classe inorgânica, deixa eu tirar ele daqui...

O fato de E1 relacionar os [ácidos] como «uma das classes de substâncias», pode decorrer da formação ambiental do mesmo, uma vez que essa relação ainda é muito



empregada pelos docentes de química das Instituições de Ensino Superior (IES), tanto em aula quanto em pesquisa, embora as generalizações ácidos e bases, na realidade, correspondam ao comportamento das substâncias frente a outra substância, e não, à sua composição.

Diante dos dados ora apresentados e do conteúdo do Quadro 5 (p.205 e 206), parece-nos evidente que os licenciandos E1, E2, E3, E4 e E7 empregaram ações auxiliares como: percepção, memória e raciocínio lógico para a interpretação e tradução das fórmulas empíricas. Porém, constatamos que a interpretação das marcas semânticas das [fórmulas empíricas] foi superficial e pouco elaborada, pois, apenas significaram «a presença de elementos químicos», o que serviu como critério de semelhança entre as fórmulas e, portanto, como centro de atenção para a realização da tarefa.

Para analisarmos como o licenciando E8 procedera para realizar a primeira tarefa do desafio, selecionamos o seguinte trecho de entrevista, onde o licenciando explica a formação dos grupos de fórmulas empíricas:

E8: Aqui (MgO e CaS) eu usei o tipo de interações parecidas entre eles, no caso o magnésio e o cálcio pertencem à mesma família 2A da tabela periódica, e o oxigênio e o enxofre também, o tipo de ligação entre eles é iônica, é isso, são semelhanças. Aqui também eu colocaria CaBr<sub>2</sub>, porque o cálcio também faz parte da família 1A, só que o bromo faz parte da família 17, mas o tipo de interação é praticamente o mesmo, apesar que aqui aumenta a quantidade (aponta para o 2 do bromo).

P: Você está indo pelas interações e pelos elementos da mesma família?

E8: Exato. Aqui (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) eu coloquei estes porque o tipo de ligação é o mesmo, é covalente. Aqui (HgCl<sub>2</sub> e FeCl<sub>3</sub>) também pelo tipo de interação, seriam metais se ligando a cloro. Esses ficam sozinhos (Li<sub>2</sub>S, BH<sub>3</sub>) porque eu não vejo semelhança, usando o critério que segui.

Notamos que o «tipo de ligação química» entre os elementos constituintes das substâncias representadas pelas fórmulas empíricas foi o critério selecionado para resolver a tarefa, dirigindo a atenção do estudante E8 e levando-o a pensar sobre as ações que precisava realizar.

Todavia, constatamos que para classificar os «tipos de ligações em iônica ou covalente», E8 precisou: da percepção para discriminar os símbolos dos elementos químicos presentes nas [fórmulas empíricas]; e do pensamento lógico para identificar: (i) cada um dos «elementos químicos» representados pelos símbolos; e (ii) a «família de cada um dos elementos químicos na Tabela Periódica».

Os significados do conceito composição química percebidos por E8 foram relacionados entre si, por meio do pensamento lógico, para identificar se as «ligações químicas entre os elementos químicos presentes em uma mesma fórmula eram do tipo iônica ou covalente». A fala de E8 a seguir exemplifica como E8 raciocinou:

E8: No caso, o magnésio e o cálcio pertencem à mesma família 2A da tabela periódica, e o oxigênio e o enxofre também, o tipo de ligação entre eles é iônica. [...]  $\text{CaBr}_2$ , porque o cálcio também faz parte da família 2A, só que o bromo faz parte da família 17, mas o tipo de interação é praticamente o mesmo.

Nessa fala de E8, constatamos que o raciocínio lógico empregado pelo licenciando estabeleceu que sempre que elementos químicos da família 2 estiverem unidos a elementos da família 16 ou da família 17, deve-se supor que a ligação entre eles é do «tipo iônico». Isto nos leva a concluir que, uma vez que os significados do conceito composição química necessários para determinar os «tipos de ligações químicas» foram selecionados, coube ao pensamento lógico estabelecer as relações entre os mesmos. Coube, também ao pensamento lógico classificar alguns elementos químicos segundo o «caráter metálico em metais ou ametais».

Consideramos que as relações lógicas estabelecidas por E8 se basearam em interpretações mais elaboradas dos signos químicos, que exigiram significados mais profundos e complexos, em maior nível de abstração.

Todavia, todas as ações auxiliares que correspondem à percepção e ao pensamento lógico, não se realizariam se não fosse a capacidade de memorização do licenciando E8, pois, notamos que o licenciando reproduziu os nomes dos elementos químicos, e os nomes das famílias da Tabela Periódica por ele memorizados. Não houve por parte de E8 consulta à Tabela Periódica, nem recebeu qualquer outro tipo de informação verbal.

O licenciando E6 assim como os licenciandos E1, E2, E3, E4, E7 e E8 conseguiu concluir a primeira tarefa do desafio. Ao final da tarefa E6 explicou como procedeu:

E6: Eu utilizei o número de átomos, e, também, o tipo de ligação química. O tipo de átomo, metal, ametal, (aponta para o grupo  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), neste grupo eu tenho metais com nox +3, usei o nox também.

Aqui ( $\text{Li}_2\text{S}$ ) o Li é um metal do grupo 1A, nox +1, essa semelhança com esse grupo ( $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) são semelhantes porque é metal com ametal.

Aqui ( $\text{MgO}$  e  $\text{CaS}$ ) temos elementos da família 2A e 6A, na ordem temos os alcalinos terrosos e os calcogênios, e fazem ligação química do mesmo tipo, que também é o mesmo tipo desses outros, é semelhante a esses outros ( $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Li}_2\text{S}$ ). E nesse grupo ( $\text{CaBr}_2$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{ClF}_3$ ) aqui todos têm halogênios. Aqui ( $\text{NO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ) eu coloquei os óxidos, por causa dos oxigênios, neles o oxigênio

é o mais eletronegativo. E aqui (HCl, BH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>Se) eu tenho os hidretos, hidretos de cloro, hidretos ácidos também, pela presença do hidrogênio.

A análise do trecho de entrevista demonstra que o licenciando E6, por meio da percepção, além de ter discriminado os símbolos dos elementos químicos, também discriminou os índices numéricos subscritos. Por sua vez, a partir dessas marcas semânticas o licenciando, usando o pensamento lógico, identificou: (i) «os elementos químicos constituintes das substâncias representadas»; (ii) «as quantidades de átomos dos elementos químicos»; (iii) «o caráter metálico dos elementos (metais e ametais)»; (iv) «os números de oxidação (nox) dos elementos químicos»; (v) «as famílias na Tabela periódica dos elementos presentes nas fórmulas»; (vi) «as intensidades das eletronegatividades dos elementos químicos».

Diante das marcas semânticas e dos significados percebidos, o licenciando E6 generalizou os elementos quando, os reconheceu como partes de famílias. Por exemplo: os elementos: cálcio (Ca) e magnésio (Mg), da família 2A, dos alcalinos terrosos; oxigênio (O) e enxofre (S), da família 6A, dos calcogênios. O mesmo ocorreu quando as substâncias representadas pelas fórmulas que continham oxigênio (O) como elemento mais eletronegativo foram categorizadas como óxidos e as que apresentavam hidrogênio (H) como hidretos. Já os elementos alumínio (Al), antimônio (Sb), e ferro (Fe) foram enquadrados semanticamente como metais e o enxofre (S) e oxigênio (O) como ametais.

Embora o licenciando E6 tenha conseguido apresentar tantos significados a partir da interpretação das [fórmulas empíricas], notamos que terminou por não fazer uso de todos.

Em síntese, podemos inferir que o licenciando E6 percebeu o mais substancial da mensagem veiculada pelas [fórmulas empíricas], abstraiu significados secundários e generalizou aspectos centrais da informação, transformando assim a informação verbal recebida. Portanto, podemos pensar que no caso de E6, o pensamento lógico foi semelhante à ação de memorização verbal, e que houve a reorganização das informações verbais registradas na memória, fazendo com que a memória adquirisse caráter mediato, tornando-a mais eficaz.

Os resultados apresentados demonstraram que os licenciandos E1, E2, E3, E4, E6, E7 e E8, mesmo seguindo procedimentos distintos, conseguiram formar grupos de [fórmulas empíricas], concluindo, assim, a primeira tarefa do desafio. Tivemos, todavia, um caso de insucesso na realização dessa tarefa, uma vez que o licenciando E5 não conseguiu utilizar todas as [fórmulas empíricas] para formar grupos.

Durante a tentativa de realizar a tarefa solicitamos que E5 nos explicasse como estava procedendo, ele, então, nos explicou:

E5: Aqui (HCl, HgCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>) são cloretos de metais de transição, Hg também. Aqui (CaS e Li<sub>2</sub>S) porque as fórmulas são parecidas, os íons, os cátions, aqui da família 1 e aqui da 2 né? Mas, por serem, por terem as fórmulas parecidas por causa do enxofre. Aqui (MgO e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) são óxidos, também por isso... É eu acho que eu tô unindo mais pelo ânion.

[...]

E5: Inicialmente por causa dos ligantes...

P: O que é que você está chamando de ligante?

E5: Os ânions, os íons de carga negativa...

O trecho de entrevista acima mostra que E5 usando sua percepção, conseguiu discriminar os símbolos presentes nas fórmulas. A partir dos símbolos químicos e utilizando o pensamento lógico, o licenciando identificou: (i) «os elementos químicos constituintes das substâncias representadas pelas fórmulas»; (ii) «alguns elementos químicos como metais de transição»; (iii) «as famílias na Tabela Periódica dos elementos químicos»; (iv) «cátions (íons positivos) e ânions (íons negativos)».

Dentre estes significados do conceito composição química, notamos que E5 tentou selecionar um significado para convertê-lo em centro de atenção. E5 chegou a mencionar que: algumas fórmulas eram parecidas devido à «presença de cátions dos elementos das famílias 1 e 2 da Tabela Periódica»; outras eram parecidas devido a «presença de enxofre; outras fórmulas representavam «cloretos de metais de transição»; algumas eram representação de «óxidos»; e que haviam fórmulas que apresentavam «o mesmo íon negativo, ou ânion». Dentre estas informações, E5 declara, sem muita segurança, que o significado a ser empregado para formar os grupos de fórmulas empíricas seria a «presença de ânions dos elementos químicos».

Contudo, ao questionarmos por que as fórmulas |Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>| e |Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>|, não estavam no mesmo grupo que as fórmulas |CaS| e |Li<sub>2</sub>S|, já que o critério para formação dos grupos era a «presença de ânions semelhantes» — pertencem à mesma família da Tabela Periódica —, o licenciando E5 não soube explicar.

Destarte, não consideramos que dentre os significados do conceito composição química obtidos a partir da interpretação das fórmulas empíricas, um deles tenha realmente sido convertido em centro de atenção. Caso E5 tivesse empregado o significado «presença dos ânions dos elementos químicos», teria formado o grupo: [|Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>|, |Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>|, |CaS| e |Li<sub>2</sub>S|], uma vez que todas as fórmulas empíricas indicam a presença de íons sulfetos, o que não foi feito.

Além de não conseguir definir um centro de atenção, o que dificultou bastante a realização da tarefa, os dados sugerem que E5 não conseguiu organizar de maneira lógica, na memória, os significados do conceito composição química, o que o deixou inseguro para reproduzi-los, como podemos verificar nesse trecho de entrevista:

P: Estes aqui (aponto para  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{ClF}_3$ ,  $\text{CaBr}_2$  e  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) porque estão formando um grupo?

E5: Também pelo ânion, pelos cátions da mesma família...Gente! Difícil...

A justificativa que E5 apresentou para agrupar as fórmulas, que «possuíam ânions e cátions oriundos de uma mesma família da Tabela Periódica», demonstra a desorganização da memória do licenciando ao reproduzir tais significados. Considerando que E5 denominou de |cátions| todos os elementos químicos escritos à esquerda das fórmulas:  $|\text{Al}_2\text{S}_3|$ ,  $|\text{H}_2\text{Se}|$ ,  $|\text{ClF}_3|$ ,  $|\text{CaBr}_2|$  e  $|\text{Sb}_2\text{S}_3|$ , podemos constatar que o licenciando se equivocou, ao afirmar que, por exemplo, os cátions:  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , eram formados a partir de átomos de elementos químicos que pertencem à mesma família da Tabela Periódica.

Notamos que o licenciando E5, ao tentar definir como critério a «presença de mesmos ânions» nas fórmulas empíricas que representavam as substâncias, cometeu um equívoco conceitual pois, considerou que todas essas substâncias eram constituídas por íons. Contudo, entre as quinze fórmulas empíricas havia |fórmulas| que representavam substâncias formadas a partir de ligações covalentes, nas quais não ocorrem a formação de íons, como nos casos de:  $|\text{H}_2\text{Se}|$ ,  $|\text{BH}_3|$ ,  $|\text{N}_2\text{O}|$ ,  $|\text{NO}_2|$ , dentre outras.

Uma vez que não encontramos indícios do estabelecimento de relações entre os significados do conceito composição química identificados por E5, a partir das marcas semânticas da |fórmula empírica| discriminadas, inferimos que o licenciando não conseguiu empregar tais significados com eficiência, levando-o a não concluir a primeira tarefa do desafio. Fazemos tal inferência fundamentados nas falas do licenciando E5 e no fato de não ter conseguido chegar a uma conclusão sobre o que fazer com as fórmulas  $|\text{ClF}_3|$ ,  $|\text{BH}_3|$ ,  $|\text{H}_2\text{Se}|$ ,  $|\text{CaBr}_2|$ , que não foram relacionados em nenhum dos grupos formados:

P: E essas ( $\text{ClF}_3$ ,  $\text{BH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{CaBr}_2$ )?

E5: É realmente eu estou perdida...

P: Estes ( $\text{ClF}_3$ ,  $\text{BH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{CaBr}_2$ ) ficariam sozinhos?

E5: É (risos), estes são os estranhos (risos)... Não sei mesmo...Desisto.

Diante do exposto, pensamos que alguns fatores contribuíram para que E5 não tenha conseguido alcançar o objetivo da tarefa: 1) não ter conseguido definir o centro de atenção; 2) a memória desorganizada frente ao objetivo da tarefa; 3) não ter conseguido estabelecer relações entre os significados do conceito composição química percebidos a partir

das fórmulas empíricas. Destarte, inferimos que o fato de E5 não ter conseguido realizar essas ações auxiliares, que fazem parte da atividade consciente de interpretação e tradução, foi decisivo para comprometer a atuação do seu sistema funcional psíquico durante a tarefa. Em outras palavras, considerarmos que a percepção, a atenção, a memória, o pensamento e a linguagem encontram-se inter-relacionados e influenciam-se mutuamente, prejudicando a atuação de cada um desses processos psíquicos e da totalidade da consciência.

Ao refletir sobre o fato do licenciando E5 ter sido o único licenciando a não conseguir atingir o objetivo da primeira tarefa do desafio, recorreremos à concepção de que conhecimentos, habilidades e condutas dos seres humanos são resultados das interações sociais vivenciadas. Portanto, não deveríamos estranhar o fato de encontrarmos comportamentos distintos entre os licenciandos, em relação à resolução da primeira tarefa do desafio.

A comparação das experiências escolares e profissionais dos licenciandos E5 e E6 pode explicar a diferença de desempenho durante a realização da primeira tarefa. O licenciando E5, que estudara na escola pública desde o ensino fundamental até o ensino médio, na época em que a pesquisa fora realizada, estava cursando o sétimo semestre da Licenciatura em Química, já tinha oitenta e dois por cento das disciplinas concluídas, e nunca havia experimentado trabalhar nem na área de formação, nem em outra ocupação. O licenciando E6, por sua vez, estudara o ensino fundamental em escola da rede estadual, mas, fez o ensino médio na rede particular de ensino, na época da pesquisa, estava no quarto semestre da licenciatura com cinquenta e três por cento das disciplinas concluídas, e trabalhava como monitor de um curso pré-vestibular, passando pouco tempo depois para professor de química.

Considerando o percurso já realizado por E5 e E6 dentro do curso de licenciatura, era de se esperar que E5 fosse mais eficaz na resolução do desafio do que E6, uma vez que teve maior oportunidade de aprender uma maior quantidade de conceitos durante o curso de licenciatura, de empregá-los e de estabelecer relações entre eles. Contudo, observamos exatamente ao contrário: E6 conseguiu concluir a tarefa, enquanto E5 demonstrou grandes dificuldades e não concluiu a tarefa. Contudo, inferimos que, embora ambos os licenciandos participem do mesmo curso de graduação, isto não é garantia de que a apropriação efetiva de uma linguagem irá ocorrer, contribuindo assim para o desenvolvimento do pensamento, da memória, da atenção e da percepção dos mesmos.

Destarte, inferimos que, de uma maneira em geral, as diferenças, e as semelhanças, nas condutas dos licenciandos ao tentarem resolver a tarefa do desafio decorreram das suas

vivências acadêmicas e profissionais. Conduto, sabemos que as interações sociais dos licenciandos não se limitam aos âmbitos escolar e profissional, e que outros ambientes e modos sociais podem, também, influenciar nas suas condutas.

Concluídas as análises sobre como os processos psíquicos atuam nas atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas realizadas pelos licenciandos em química ao resolverem a primeira tarefa do desafio, chegamos a uma primeira síntese dos resultados: a) todos os licenciandos realizaram a tarefa a partir da interpretação e tradução das fórmulas empíricas; b) a maioria dos licenciandos resolveu a tarefa ao discriminar apenas um tipo de marca semântica perceptível na expressão [fórmula empírica]: os símbolos dos elementos químicos; c) a maioria dos licenciandos usou como centro de atenção o significado do conceito composição química: «elementos químicos constituintes das substâncias representadas pelas fórmulas empíricas»; d) apenas um dos licenciandos não conseguiu resolver a tarefa; e) identificamos equívocos conceituais que relacionamos com a automatização na resolução de problemas que envolvem conteúdos químicos por parte dos licenciandos, e com o fato destes dirigirem maior atenção para atingir o objetivo da tarefa do que para as ações utilizadas para realizá-la.

#### 4.4.2 RESULTADOS E ANÁLISES GERADOS NA SEGUNDA ETAPA DO DESAFIO

A tarefa na segunda etapa do desafio tinha um objetivo mais específico que a tarefa na primeira etapa. Desta vez os licenciandos deveriam formar cinco grupos e estes só poderiam ter três fórmulas empíricas, sendo que a solução dessa tarefa dependia do uso de um único e específico critério, qualquer outro critério não resolveria a tarefa. O critério pensado por nós e mantido em sigilo fora: a proporção entre os elementos constituintes das substâncias representadas pelas fórmulas empíricas.

A proposta de realizar uma segunda tarefa com o objetivo distinto da primeira teve como propósito observarmos se haveria alguma mudança na atuação dos processos psíquicos — percepção, atenção, memória e pensamento — dos licenciandos.

Inicialmente, notamos que quatro (E1, E2, E6, E8) dentre os oito licenciandos, repetiram os mesmos critérios empregados na primeira etapa, para organizar os cinco grupos de [fórmulas empíricas] solicitados, conduto, não formaram, necessariamente, os mesmos grupos da primeira tarefa. Isto ocorreu com os licenciandos E1 e E2, como podemos comprovar nos trechos de entrevista abaixo:

E1: Aqui ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ) eu selecionei pelo que eles têm em comum...no caso aqui, eles têm como elemento mais eletronegativo o cloro, são sais de cloro. Aqui ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) seriam óxidos. Aqui ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ ) compostos de enxofre.

P: Você repetiu o mesmo critério?

E1: É, repeti...

E2: Eu encaixaria o cloreto de mercúrio ( $\text{HgCl}_2$ ) no grupo dos sais.

P: Não pensaria em mudar o critério?

E2: A princípio eu só penso na semelhança de funções, você tem os ácidos os óxidos, os sais, pra transformar ...eu colocaria o sal de mercúrio aqui junto com os outros sais...agora outro critério...só se você me desse outra condição, mas a princípio eu fico com as funções químicas, semelhanças, características próximas.

Os licenciandos E1 e E2, novamente, por meio da percepção: discriminaram os símbolos dos elementos químicos. Reproduziram os nomes dos elementos químicos memorizados e, usando o pensamento lógico, E1 e E2 generalizaram as substâncias representadas pelas fórmulas empíricas em: «óxidos», «sulfetos», «hidretos», «sais» e «ácidos», que segundo os próprios licenciandos E1 e E2, são as classes/funções inorgânicas.

Inferimos que esses licenciandos, ao definirem um critério para formar os grupos de fórmulas, se basearam mais nas suas percepções da experiência direta com as [fórmulas empíricas] do que nos «significados» do conceito composição química veiculados pelas [fórmulas empíricas]. Tal inferência decorre da maneira como os licenciandos E1 e E2 procederam para resolver a segunda tarefa. Por exemplo, E1 e E2 perceberam o símbolo do elemento químico cloro em uma das fórmulas e, em seguida, formaram um grupo com todas as fórmulas que tem esse mesmo símbolo de elemento químico. Consideramos que essa maneira de proceder resultou do interesse desses licenciandos em realizar a tarefa sem que houvesse, porém, preocupação em trabalhar com os atributos não sensíveis, ou seja, os «significados» do conceito composição química, o que dependeria de uma interpretação que iria além da discriminação de aspectos sensíveis (perceptíveis) das fórmulas empíricas, ou seja, de suas marcas semânticas. O critério que havíamos idealizado exigia o estabelecimento de uma relação entre duas marcas semânticas.

Uma vez constatado que os licenciandos E1 e E2 não modificaram seus procedimentos em ambas as tarefas, pensamos que os mesmos realizaram a tarefa com certo grau de automatização, isto é, suas ações foram quase que automáticas. Isto explicaria o fato de E1 e E2 não direcionarem a atenção para outras ações, para outras marcas semânticas das fórmulas empíricas e para outros «significados» do conceito composição química. E, uma vez



que a atenção de E1 e E2 não estava voltada para as ações auxiliares da interpretação das fórmulas empíricas, o objetivo final da tarefa passou a ter toda a atenção dos licenciandos. Isto não significa que os licenciandos agiram sem consciência do que estavam realizando, pois, os licenciandos tinham plena consciência do objetivo a ser alcançado, embora a automatização possa fazer com que a tarefa seja executada sem conscientização.

Inferimos que a automatização do uso de fórmulas empíricas por parte dos licenciandos E1 e E2 pode ser fruto das experiências de análise e classificação dos materiais expressos pelas fórmulas empíricas, vivenciadas por E1 e E2 nos âmbitos escolar e profissional. Fazemos tal inferência fundamentados em algumas informações sobre as vivências desses licenciandos. O licenciando E1, por exemplo, na época da pesquisa, já estava no último semestre do curso de Licenciatura em Química, e já trabalhava há alguns anos como químico industrial. Já o licenciando E2, embora estivesse no quinto semestre do curso de Licenciatura em Química, com sessenta e cinco por cento das disciplinas cursadas, devido sua formação com técnico em química, já tinha a experiência de trabalhar em algumas indústrias químicas. A prática profissional, com a realização repetida de procedimentos nos quais empregaram fórmulas químicas, pode ter sido um modo de esses licenciandos terem desenvolvido certa automatização no seu uso.

À vista do exposto, consideramos que os resultados demonstram que os processos psíquicos dos licenciandos E1 e E2, embora tenham sido participantes, sofreram limitações decorrentes do grau de automatização das ações desses licenciandos ao resolverem a tarefa proposta, e, conseqüentemente, do interesse em alcançar o objetivo da mesma.

Outro licenciando que tentou realizar a segunda tarefa do desafio usando o mesmo critério que adotara na primeira tarefa foi o E8, que após finalizar a segunda tarefa do desafio, nos explicou como procedera:

E8: Todos eles têm metais e estão ligados a outros elementos que pertencem ao mesmo grupo, o tipo de interação química também.

P: Interação química eu estou entendendo como ligação química é isso?

E8: Sim.

E8: Aí nesse caso aqui ( $N_2O$ ,  $NO_2$ ,  $ClF_3$ ), eu coloquei eles juntos porque todos têm ligação covalente, todos têm ametal com ametal, logo... Aqui ( $FeCl_3$ ,  $CaBr_2$ ,  $HgCl_2$ ) são metais se ligando a elementos do mesmo grupo. O último grupo ( $MgO$ ,  $CaS$ ,  $Li_2S$ ), são metais alcalinos, e as ligações existentes entre eles são iguais, já que os outros são de uma mesma família.

Notamos que E8, a partir da sua percepção, discriminou os símbolos dos elementos químicos e, usando o pensamento lógico, identificou as «famílias na Tabela Periódica», além

de generalizar os elementos químicos constituintes das substâncias representadas pelas fórmulas empíricas, de acordo com o «caráter metálico», e classificar as «ligações químicas».

As ações auxiliares de identificação e classificação dependeram dos registros na memória de E8, uma vez que, após discriminar os tipos de elementos químicos, o licenciando precisou compará-los com o conhecimento já adquirido acerca dos elementos químicos, como: «caráter metálico»; e a quais «famílias pertencem na Tabela Periódica». Tais informações foram reproduzidas da memória, já que o licenciando não consultou a tabela periódica ou qualquer outra fonte de informação verbal.

A partir das falas de E8, constatamos que na definição de um dos grupos de [fórmulas empíricas] o licenciando usou dois significados do conceito composição química: o «caráter metálico» e a «família do elemento na Tabela Periódica», sem estabelecer relação entre eles:

E8: Aqui ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CaBr}_2$ ,  $\text{HgCl}_2$ ) são metais se ligando a elementos do mesmo grupo, da mesma família.

E, também, usou um terceiro significado que resultou da relação que E8 estabeleceu entre dois outros significados:

E8: Aí nesse caso aqui ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{ClF}_3$ ), eu coloquei eles juntos porque todos têm ligação covalente, todos têm ametal com ametal, logo...

E8: O último grupo ( $\text{MgO}$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ ), são metais alcalinos, e as ligações existentes entre eles são iguais, já que os outros são de uma mesma família.

A penúltima fala de E8 nos levou a inferir que a identificação do «tipo de ligação química» decorreu não só da discriminação dos elementos e da classificação dos mesmos em «metais», mas, também do seguinte raciocínio lógico: se um elemento químico ametal está ligado a outro ametal, esta ligação química deve ser do tipo covalente. Aqui o pensamento lógico ao propiciar o estabelecimento da relação entre os significados discriminados a partir das [fórmulas empíricas], serviu de base para o emprego dos conhecimentos químicos dominados pelo licenciando E8.

Na última fala do trecho de entrevista acima, E8 não identificou a família dos elementos químicos escritos à direita das fórmulas empíricas, apenas afirmou que eram de uma mesma família e, também, não concluiu que tipo de ligação química ocorre entre os elementos químicos que constituem as substâncias representadas pelas fórmulas empíricas, apenas identificou que eram iguais.

Neste caso, inferimos que E8 empregou e relacionou conceitos mais gerais, se comparados com os conceitos empregados na explicação da formação do grupo [ $|\text{N}_2\text{O}|$ ,  $|\text{NO}_2|$ ],

[ $\text{ClF}_3$ ]]. Supomos que o licenciando E8 pode ter pensado assim: todas as ligações químicas que ocorrem entre os elementos da família X e os elementos da família Y, devem ser iguais; ou assim: sempre que ocorrer a união entre elementos da família X com elementos da família Y, as ligações químicas são de um mesmo tipo. Ao pensar por conceitos mais gerais, E8 não especifica o tipo de ligação, se é iônica ou covalente, ou se os elementos químicos eram metais ou ametais.

Compreendemos que este é um exemplo de como o pensamento lógico propicia ao ser humano a capacidade de realizar ações, tomando como base esquemas abstratos de linguagem, ao invés de usar imagens diretas, ou conceitos mais específicos, o que demonstra que a atividade consciente do ser humano se torna cada vez mais independente da situação imediata (concreta).

Entendemos que E8, assim como fizera na primeira tarefa do desafio, usou o critério «ligação química» para formar maioria dos grupos constituídos por |fórmulas empíricas| ao resolver a segunda tarefa. Porém, houve um grupo de fórmulas que não foi formado a partir do critério «ligação química», neste caso E8 fez uso de dois outros significados: o «caráter metálico» e a «família do elemento na Tabela periódica», mas, não consideramos que não fora estabelecida qualquer relação entre estes. Constatamos então, que o licenciando E8 durante a realização da prova fora orientado por três centros de atenção.

E uma vez que os centros de atenção resultaram da atuação conjunta da percepção, da memória, da atenção e do pensamento lógico do licenciando, concluímos que o licenciando foi além da experiência direta com as fórmulas e se baseou na linguagem abstrata da ciência química.

Nesta segunda etapa do desafio, o licenciando E6 nos forneceu a seguinte explicação sobre como procedera para realizar a tarefa:

E6: Primeiro critério que usei foi a fórmula, metal dois, ametal três. Aí formei o grupo com estes ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

P: Esse dois e esse três são o que?

E6: Índices do metal e índice do ametal, as quantidades de cada um.

E6: Segundo critério é: calcogênios (aponta para S) e halogênios aponta para o Br) ligados a metais alcalinos (Li) e alcalinos terrosos (Ca), formei esse aqui ( $\text{Li}_2\text{S}$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{CaBr}_2$ ). Aqui ( $\text{ClF}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HgCl}_2$ ) eu peguei compostos de cloro que não tem hidrogênio. Aqui ( $\text{BH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$  e  $\text{HCl}$ ) hidretos ou hidrácidos. E aqui ( $\text{MgO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ) óxidos.

P: Você não usou um critério só, você usou vários critérios, não é isso?

E6: Isso. Eu olho uma fórmula aí penso em um critério, a repetição de uma característica, de elemento, por exemplo, aí eu procuro nas outras...

Diante da declaração de E6 sobre como definira os critérios utilizados para resolver a segunda tarefa do desafio tentamos entender e descrever os procedimentos adotados por este licenciando.

Para definir o primeiro critério utilizado, pensamos que E6, por meio da percepção, precisou discriminar: a) os símbolos dos elementos químicos presentes nas fórmulas; e b) os índices numéricos subscritos aos símbolos. Com o auxílio da memória que possibilitou a reprodução de conhecimentos químicos já aprendidos, e usando o pensamento lógico, o licenciando E6 identificou quais os elementos químicos que constituíam as substâncias representadas pelas [fórmulas empíricas], e os classificou segundo o «caráter metálico» e definiu que os índices numéricos significavam: a «quantidade de átomos desses elementos».

A partir dos dados obtidos, o licenciando E6, por meio do pensamento lógico, os organizou e estabeleceu relações entre os «significados» do conceito composição química interpretados, dando origem a centros de atenção, levando-o a formar os grupos de [fórmulas empíricas]. Por exemplo, olhando para a fórmula empírica [CaS], inferimos que E6 discriminou os símbolos [Ca] e [S], e, talvez, os tenha identificados como «cálcio» e «enxofre».

Embora, saibamos que as ações de discriminar e de identificar estão relacionadas à percepção e ao pensamento lógico, respectivamente, não podemos negar que tais ações dependem da memória, uma vez que, não bastaria destacar da fórmula [CaS] a presença dos símbolos [Ca] e [S], para afirmar que a fórmula empírica [CaS] é formada por um alcalino terroso e um calcogênio, respectivamente. Para chegar a tal conclusão, E6 precisou lembrar que [Ca]: é o símbolo do elemento químico cálcio; está localizado na coluna 2 da Tabela Periódica; por estar na coluna 2 da Tabela Periódica ele e os outros elementos são alcalinos terrosos. Também, lembrou que [S]: é o símbolo do elemento químico enxofre; está localizado na coluna 16 da tabela Periódica; por estar na coluna 16 da Tabela periódica ele e os outros elementos são chamados de calcogênios. Inferimos que todas essas ações devem ter sido repetidas por E6 algumas vezes até ele formar o grupo com as fórmulas [[Li<sub>2</sub>S], [CaS], [CaBr<sub>2</sub>]].

Para formar o grupo [[ClF<sub>3</sub>], [FeCl<sub>3</sub>], [HgCl<sub>2</sub>]], por exemplo, E6 discriminou o símbolo [Cl] e o identificou como o símbolo do elemento químico cloro. A partir de então, E6 dirigiu sua atenção para a presença do átomo de cloro nas [fórmulas empíricas], o que o levou ao seguinte resultado: [[HCl], [HgCl<sub>2</sub>], [ClF<sub>3</sub>]; [FeCl<sub>3</sub>]]. Mas, como a tarefa pedia a formação de grupos com três fórmulas empíricas, E6 retirou do grupo a fórmula [HCl], formando um novo

grupo:  $[|ClF_3|, |FeCl_3|, |HgCl_2|]$ , e justificou dizendo que este é um grupo formado por “compostos de cloro que não tem hidrogênio”.

Como a essa altura existiam poucas fórmulas sem grupo definido, não foi difícil para E6 perceber, isto é, discriminar o símbolo  $|H|$ , identificá-lo como «hidrogênio» e dirigir sua atenção para outras  $|fórmulas empíricas|$  que continham tal elemento químico. Tratou, então, de formar o grupo:  $[|BH_3|, |H_2Se| e |HCl|]$ .

Todavia, ao justificar a formação desse grupo, E6 declarou que o critério havia sido o fato dessas fórmulas empíricas representarem «hidretos» ou «hidrácidos». Contudo, não especificou a quem estava chamando de  $|hidretos|$  e a quem designara de  $|hidrácidos|$ , e também não indicou gestualmente. Mas, embora, não possamos precisar quais elementos foram classificados pelo licenciando como «hidretos» ou como «hidrácidos», pensamos que E6, por meio do pensamento lógico categorizou tais  $|fórmulas empíricas|$  nos grupos semânticos hidretos e hidrácidos, em outras palavras, generalizou.

Ao final, restaram as fórmulas empíricas:  $|MgO|, |N_2O|, |NO_2|$ , que logo foram reunidas por E6, formando um novo grupo. A explicação para que tais fórmulas pudessem constituir um grupo decorreu da percepção de E6, que discriminou o símbolo  $|O|$ , identificando-o como «oxigênio», visualizou sua presença nas três fórmulas, o que levou a E6 classificá-las como «óxidos». Mais uma vez, pensamos que E6 as generalizou.

À vista do que descrevemos acerca da conduta do licenciando E6 ao resolver a segunda tarefa, acreditamos que ficou evidente a participação da percepção, da memória e do pensamento lógico.

Quanto ao uso do pensamento lógico, não devemos esquecer que dentre as ações que o caracteriza estão: o fato deste processo psíquico ser a base para o emprego de conceitos; e o fato de propiciar que cheguemos a determinadas conclusões, o que claramente vimos E6 fazer, uma vez que apresentou os resultados obtidos com muita segurança.

Acerca da participação da atenção, pensamos que os significados citados verbalmente pelo licenciando E6 foram os selecionados pela atenção, já que foram considerados como sendo os necessários para resolver o desafio proposto. Estes foram convertidos em centro de atenção que passaram, então, a orientar E6 para atingir o objetivo da tarefa.

Dentre os oito licenciandos que participaram da pesquisa, somente E7, E3 e E4 não repetiram, na segunda etapa do desafio, os critérios usados na primeira etapa. A seguir, passamos a evidenciar os resultados obtidos das análises realizadas acerca dos procedimentos adotados por estes licenciandos.

Na segunda etapa do desafio, o licenciando E7 não levou muito tempo para começar a montar os grupos de [fórmulas empíricas]. E após fazer algumas alterações nos grupos, o licenciando nos avisou que havia terminado a tarefa:

E7: Terminei! É isso?

P: É acertou. Você foi rápido...

E7: Eu não disse que eu não sairia daqui sem acertar? Quando a senhora disse que ninguém tinha acertado ainda, aí eu disse que eu ia (risos).

P: Foi mesmo. Agora me diga, qual foi o critério que você usou?

E7: Depois de algumas tentativas eu prestei a atenção nos números das fórmulas e aí eu pensei em ir pela quantidade de átomos que existe em cada uma delas. Por exemplo, aqui ( $\text{CaBr}_2$ ;  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ) em todas as fórmulas a quantidade de átomos do primeiro elemento é um e do segundo é dois.

P: E neste caso (aponto para o grupo  $\text{CaS}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{HCl}$ )?

E7: Aqui a gente tem um átomo do primeiro elemento ligado a um átomo do segundo.

No trecho de entrevista acima, o licenciando E7 declara que usou a «quantidade de átomos» que existe em cada uma das fórmulas como critério para definir os seguintes grupos: [ $\text{CaS}$ ], [ $\text{MgO}$ ], [ $\text{HCl}$ ]; [ $\text{CaBr}_2$ ], [ $\text{HgCl}_2$ ], [ $\text{NO}_2$ ]; [ $\text{N}_2\text{O}$ ], [ $\text{H}_2\text{Se}$ ], [ $\text{Li}_2\text{S}$ ]; [ $\text{Al}_2\text{S}_3$ ]; [ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ]; [ $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ]; [ $\text{BH}_3$ ]; [ $\text{ClF}_3$ ]; [ $\text{FeCl}_3$ ]. Porém, está claro no seu diálogo com a pesquisadora, apresentado acima, que E7 usou a relação de «proporcionalidade entre os subíndices dos elementos» constituintes das fórmulas como critério de agrupamento das mesmas.

Para que tal critério viesse a ser convertido em centro de atenção de E7 para a resolução da tarefa, inferimos que o licenciando precisou da percepção para discriminar: (i) os símbolos dos elementos químicos; (ii) quais símbolos eram formados por uma ou duas letras; e (iii) os índices numéricos subscritos ao lado direito de cada símbolo, visíveis ou não. Após discriminar tais marcas semânticas da expressão fórmula empírica, E7 precisou usar o pensamento lógico para identificar os «elementos químicos constituintes das substâncias»; as «quantidades de cada elemento químico»; e a «proporção entre tais quantidades».

Para realizar essa identificação, E7 precisou reproduzir a seguinte norma memorizada: para indicar a quantidade dos elementos constituintes (átomos ou grupos individuais de átomos) na fórmula empírica, empregam-se algarismos arábicos subscritos à direita dos símbolos dos elementos. O número um (1), por sua vez, não precisa ser indicado.

Acerca da definição do centro de atenção explicitado por E7, isto é, do critério «quantidade de átomos», o licenciando cometeu um equívoco conceitual, uma vez que correlacionou o significado «quantidade de átomos» aos índices numéricos presentes em todas as [fórmulas empíricas], sendo que dentre as quinze fórmulas que apresentamos ao

licenciando, existiam fórmulas que representavam substâncias constituídas por moléculas, mas, também fórmulas que representavam substâncias constituídas por retículos tridimensionais indeterminados.

Notamos, então, que o licenciando E7 não seguiu a regra de significação das fórmulas empíricas, a qual determina que os índices numéricos das fórmulas empíricas devem significar proporção entre os elementos constituintes das substâncias representadas, e que adverte que o significado quantidade de átomos só deve ser atribuído aos índices numéricos das fórmulas que representam substâncias moleculares.

Levando em conta que o licenciando E7, na época da pesquisa, estava no sexto semestre do curso de Licenciatura em Química, com oitenta e dois por cento das disciplinas cursadas, e que havia cursado todo o ensino médio no Colégio Militar da Bahia, pensamos que dificilmente o licenciando desconheceria a regra de significação das fórmulas empíricas ora citada. Por isso, inferimos que o licenciando conhecia essa condição, mas, por algum motivo não reproduziu essa regra de significação memorizada.

O motivo que levou E7 a não recordar da regra de significação mencionada, pode ter sido decorrente da influência do objetivo da tarefa — de caráter mais prático que teórico — que solicitava a formação de cinco grupos de fórmulas empíricas, sendo que cada grupo deveria ser constituído por três fórmulas, a partir de um determinado critério relacionado ao conhecimento químico. O que estamos supondo é que o objetivo da tarefa pode ter direcionado a percepção de E7, isto é, a ação de discriminar somente as marcas semânticas da expressão fórmula empírica, que por sua vez, influenciou a memória de E7 levando-o a reproduzir apenas regras de significação das fórmulas empíricas memorizadas necessárias para atingir o objetivo da tarefa. Diante do conjunto de informações oriundas das ações da percepção e da memória, e levando em consideração o objetivo da tarefa, E7 selecionou uma informação e a converteu no centro de sua atenção.

Uma vez que o importante era atingir o objetivo proposto pela tarefa, e isto fora alcançado mediante o emprego do conceito quantidade de átomos, o licenciando não sentiu necessidade de avaliar se havia empregado o conceito corretamente.

Embora o licenciando E7 tenha obtido sucesso na resolução da segunda tarefa do desafio ao empregar «quantidade de átomos», ao invés de empregar «proporção entre os átomos», não podemos deixar de salientar a importância de interpretarmos corretamente as fórmulas empíricas. Devemos ter em conta que a interpretação inadequada das [fórmulas empíricas] pode vir a gerar dificuldades para que se proponham soluções para problemas teóricos e práticos de química com maior grau de complexidade do que o desafio proposto

neste trabalho; ou, até mesmo, dificultar a compreensão de outros conceitos que pertencem ao sistema conceitual da química. Por exemplo, imaginemos a seguinte situação: numa aula de química do ensino médio o professor de química, ao tratar do conteúdo compostos iônicos, desenha na lousa o retículo tridimensional infinito do cloreto de sódio, e chama a atenção dos alunos para o fato de que para cada íon sódio existe um íon cloro e, em seguida escreve ao lado a fórmula NaCl. Se um dos alunos tiver o hábito de interpretar a fórmula como sendo um (1) átomo de sódio ligado a um (1) átomo de cloro, provavelmente ficará confuso ao comparar o retículo desenhado pelo professor, e perceber que no desenho ele não vê apenas um (1) íon sódio ligado a um (1) íon cloro. Contudo, se este aluno interpretar que os índices numéricos da fórmula empírica NaCl indicam que a proporção entre íons sódio e íons cloro é de um para um (1:1), ele irá entender porque no retículo que o professor desenhou existem dez (10) íons sódio ligados a dez (10) íons cloro e, provavelmente, irá entender o conteúdo abordado.

À vista do exposto, consideramos que a análise acerca dos procedimentos do licenciando E7 evidenciou a maneira como a percepção, a atenção e a memória foram atuantes. Em relação ao pensamento lógico, que é a base para o emprego dos conceitos apreendidos, consideramos que este não foi tão atuante quanto os outros processos psíquicos, uma vez que E7 não teve o devido cuidado ao empregar o significado relativo aos índices numéricos das fórmulas empíricas. Na realidade, inferimos que o licenciando E7 demonstrou mais preocupação em atingir o objetivo da tarefa e em cumpri-la do que com a identificação do significado mais adequado para ser correlacionado aos índices numéricos das fórmulas empíricas.

O licenciando E3 também tentou usar um critério diferente do que havia usado na primeira tarefa do desafio, para resolver a segunda tarefa.

Em certo momento da resolução da segunda tarefa do desafio, notamos que, o licenciando E3 subitamente desfez a maior parte dos grupos que já havia formado, o que nos levou a questionar por que ele estava desmanchando os grupos, e então E3 respondeu:

E3: É que não vai dar para formar cinco grupos.

P: No que você pensou?

E3: Que eu podia formar grupos com moléculas diatômicas, triatômicas, com quatro átomos e com cinco, só que termina com cinco, não tem moléculas com seis... Não ía ter um quinto grupo.

P: Todas são moléculas?

E3: São compostos... Não sei... Eu deveria ter visto isso antes, né?

Em seguida, E3 tentou formar outros grupos, mas não conseguiu.



Embora, E3 não tenha tido êxito em realizar a segunda tarefa do desafio, pensamos que seria válido analisar a tentativa desse licenciando, uma vez que tentou usar um critério que ainda não havia sido usado pelos outros licenciandos.

Para elaborar o critério adotado, o licenciando E3 precisou discriminar por meio da percepção: índices numéricos subscritos ao lado direito de cada símbolo, visível ou não; e os símbolos dos elementos químicos formados por uma letra ou por duas. Reproduziu a norma de escrita das fórmulas empíricas memorizada, a qual orienta que quando os índices numéricos forem iguais a 1 (um), estes não devem ser escritos.

O licenciando E3 pensado logicamente, categorizou as fórmulas empíricas usando as expressões: |diatômicas|, |triatômica| etc., para nomear os grupos formados por moléculas com dois átomos, como três átomos, respectivamente. Tais expressões foram reproduzidas da memória do licenciando E3, uma vez que segundo as nossas anotações, esse licenciando não consultou nenhum material com informações verbais, como: Tabela Periódica, livros, cadernos etc.

Diante da generalização realizada, inferimos que o licenciando E3 selecionou e converteu o significado «quantidade total de átomos na molécula», em centro de atenção, ou seja, no critério adotado para resolver a segunda tarefa do desafio. Tal critério levou E3 a formar os seguintes grupos: [|CaS|, |MgO|, |HCl|]; [|CaBr<sub>2</sub>|, |H<sub>2</sub>Se|, |Li<sub>2</sub>S|, |N<sub>2</sub>O|]; [|ClF<sub>3</sub>|, |BH<sub>3</sub>|, |FeCl<sub>3</sub>|, |HgCl<sub>2</sub>|]; [|Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>|].

Contudo, antes mesmo de concluir a formação dos cinco grupos solicitados na segunda tarefa do desafio, E3 percebeu que da maneira como estava procedendo não seria possível formar a quantidade de grupos pedida. Embora já houvesse formado quatro grupos com as |fórmulas empíricas| constituídas por: dois, três, quatro e cinco átomos, um quinto grupo não seria possível já que não haviam fórmulas com seis átomos. Diante de tal constatação, o licenciando começou a desfazer os grupos já formados.

À vista da descrição dos procedimentos adotados pelo licenciando E3 para resolver a segunda tarefa do desafio, consideramos que alguns fatores contribuíram para que o mesmo não obtivesse êxito: (i) o uso limitado da percepção, uma vez que E3 não identificou que os índices numéricos entre algumas fórmulas eram semelhantes; (ii) a atenção dirigira exclusivamente para aos índices numéricos correlacionados ao significado «quantidades de átomos constituintes das substâncias»; (iii) não ter registrado na memória o significado «proporção entre os elementos químicos constituintes das substâncias», ou não tê-lo reproduziu da memória.

Inferimos que esses fatores dificultaram o desenvolvimento de outros raciocínios lógicos que viessem a capacitar o licenciando E3 a propor outras soluções para o desafio, ao invés de desistir de resolvê-lo.

Outro licenciando que não conseguiu resolver a segunda tarefa do desafio, foi o licenciando E4. A seguir, passamos analisar os resultados obtidos acerca da conduta do licenciando E4 ao tentar resolver a segunda tarefa do desafio.

O trecho de entrevista a seguir evidencia como o licenciando E4 iniciou sua tentativa de propor uma solução para essa etapa do desafio:

E4: Acho que esses aqui ( $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) são óxidos... Pelo tipo de ligação... não sei... se é covalente ou se é iônica...

E4: É... eu acho que é por grupo de sal ( $\text{CaS}$ ,  $\text{HgCl}_2$ ), eu acho...

P: E aqui ( $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) o que tem na fórmula que lhe diz que é óxido?

E4: O oxigênio, **mas eu sei** que os óxidos são divididos em óxiácidos e hidrácidos, então tem óxidos que tem... Espera... Estou em dúvida...

Esses ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{BH}_3$ ) eu acho que é base... Aqui ( $\text{HCl}$ ) um ácido.

P: Como é que você sabe que esse  $\text{HCl}$  é um ácido?

E4: Pela fórmula.

P: Como assim?

E4: Por causa do hidrogênio...

P: E esse ( $\text{H}_2\text{Se}$ )?

E4: É... **Não faço ideia**, não consigo ir para lugar nenhum, desisto.

Como o trecho de entrevista evidencia, o licenciando não conseguiu atingir o objetivo da tarefa. Mas, antes de desistir de propor uma solução, E4 realiza algumas ações auxiliares das atividades de interpretação e tradução das [fórmulas empíricas].

Constatamos, por exemplo, que o licenciando E4 discriminou, por meio da percepção, os símbolos dos elementos químicos, o que possibilitou identificar, por meio do pensamento lógico: (i) «os elementos químicos constituintes das substâncias representadas»; e (ii) «as famílias na Tabela periódica dos elementos presentes nas fórmulas». Recordou nomes de elementos químicos e das famílias da Tabela periódica registrados em sua memória, e, usando o pensamento lógico, tentou generalizar as substâncias representadas pelas fórmulas empíricas em: «ácidos», «bases», «sais», «óxidos». E, embora o licenciando tenha cogitado usar como critério os «tipos de ligações químicas», notamos que este significado do conceito composição química não fora utilizado para tentar resolver a tarefa.

Comparando a maneira como E4 conduziu a resolução da segunda tarefa do desafio com a condução da primeira, podemos constatar que E4 tentou usar o mesmo critério, porém, no momento em que tentou generalizar, isto é, categorizar semanticamente as substâncias

representadas pelas fórmulas empíricas, o licenciando E4 teve problemas para justificar tal ação.

No momento em que o licenciando E4 pegou o cartão com a fórmula |HCl| e formou um grupo que denominou de |ácidos|, questionamos:

E4: Aqui (HCl) um ácido.

P: Como é que você sabe que esse HCl é um ácido?

E4: Pela fórmula.

P: Como assim?

E4: Por causa do hidrogênio...

P: E esse (a pontamos para a fórmulas  $H_2Se$  que não estava no mesmo grupo)?

E4: É... **Não faço ideia**, não consigo ir para lugar nenhum, desisto.

Consideramos que, o licenciando até tentou converter o significado «elementos químicos constituintes das substâncias» em centro de atenção, o que serviria como orientação para resolver a tarefa. Contudo, a partir do nosso questionamento E4 passou a ter dúvidas sobre a relação que havia estabelecido entre a presença de certos elementos químicos e a classificação das substâncias representadas pelas |fórmulas empíricas| que estava propondo, com o objetivo de realizar a tarefa.

Inferimos que o licenciando E4 pode não ter conseguido identificar outros significados do conceito composição química, a partir da discriminação dos símbolos dos elementos químicos, por não ter conseguido reproduzir outros conceitos químicos memorizados, o que dificultou a proposição de uma solução para a tarefa.

Poderíamos pensar, também, que a causa seria o fato de que os conceitos químicos necessários para a resolução da tarefa não tenham sido ainda aprendidos, ou seja, não haveria registro dos mesmos na memória de E4. Mas, poderíamos supor que tais conceitos já tenham sido apreendidos, contudo ainda não atingiram o desenvolvimento necessário para serem empregados por E4.

De todo modo, é de estranhar que o licenciando E4 não tenha conseguido resolver a situação problema que propomos, uma vez que o desafio fora planejado para o emprego do conceito «composição química», que é um conceito estruturante da ciência química e que é estudado na disciplina química no ensino médio e em muitos componentes curriculares do curso de Licenciatura em Química, ou pelo menos deveria. Além do mais, não podemos deixar de levar em conta que na época da pesquisa, E4 já estava cursando o quinto semestre do curso de Licenciatura em Química, com cinquenta e nove por cento das disciplinas cursadas, e que acabara de começar a trabalhar como monitor em um curso pré-vestibular.

Após a análise da tentativa frustrada de E3 e E4 de realizarem a segunda tarefa do desafio, passamos para a análise dos procedimentos do licenciando E5, que, também não teve sucesso ao tentar resolver essa mesma tarefa.

O trecho de entrevista abaixo reproduz todas as falas pronunciadas por E5 durante a tentativa de realizar a tarefa:

E5: Esse é ácido (segura nas mãos o cartão com a fórmula do HCl).

P: Como você sabe que é um ácido?

E5: Ele tem capacidade de liberar um próton...

P: Mas isso você tira da fórmula?

E5: Não, mas eu olho a fórmula e lembro disso...

P: Então você vai usar esse critério agora? O fato de ser ácido? Então continue.

E5: Tem que ter mais dois pra formar o grupo... É... Mas não tem... (risos) Acho que vou empacar aqui...Rapaz... Vou desistir.

P: Não quer pensar em outro critério?

E5: Não consigo...não consigo mesmo...infelizmente...

A análise do trecho de entrevista acima, não nos permitiu identificar a definição de um critério selecionado pelo licenciando E5 para resolver a segunda tarefa do desafio. O que nos impediu de analisar o que foi percebido, isto é, quais as marcas semânticas da expressão |fórmula empírica| foram discriminados e quais os significados do conceito composição química foram identificados. Não constatamos qualquer estabelecimento de relações entre significados, nem o emprego de conceitos, nem tampouco se o licenciando chegou a alguma conclusão.

Do trecho de entrevista acima somente conseguimos inferir que para o licenciando E5 a fórmula |HCl| funcionou como uma imagem de representação, que é um tipo de memória. Acreditamos que o contato visual com a fórmula |HCl| levou E5 a identificar o aspecto «capacidade de liberar prótons», e, a generalizar a fórmula como sendo a representação de uma «substância ácida». Em outras palavras, para E5, a fórmula |HCl| é uma imagem generalizada dos «ácidos».

Como o objetivo da tarefa era formar cinco grupos com três substâncias em cada, o licenciando E5 buscou, então, discriminar nas outras fórmulas o mesmo aspecto observado em |HCl|, porém, não obteve êxito.

Embora E5 não tenha conseguido resolver a tarefa proposta, consideramos que E5 demonstrou ter realizado uma atividade intelectual da impressão da |fórmula empírica|, pois, ao usá-la como uma imagem de representação para tentar resolver a tarefa, o licenciando discriminou um traço substancial do objeto, que o levou a incluir a fórmula |HCl| em determinada categoria, isto é, a generalizá-la. Portanto, podemos inferir que E5 não registrou

passivamente a fórmula  $|\text{HCl}|$  e o conceito «ácido» relacionado à mesma. Tais conhecimentos são, na realidade, resultados das ações de análise e síntese, de abstração e generalização realizadas por E5 no transcorrer do processo de aquisição destes conhecimentos.

Diante do resultado obtido, inferimos que o fato da fórmula  $|\text{HCl}|$  ter sido convertida em uma imagem de representação, ou seja, em um registro visual na memória de E5, pode ser uma consequência do uso frequente desta expressão nas aulas de química para exemplificar substâncias ácidas. O mesmo observamos para a água que é sempre citada como exemplo de uma substância no estado líquido.

Acreditamos, que alguns dos fatores que consideramos como determinantes para que E5 não tenha conseguido realizar a primeira tarefa do desafio, poderiam ser novamente relacionados para justificarmos a não realização da segunda tarefa do desafio por este licenciando. Novamente não constatamos: (i) a definição de um centro de atenção; (ii) o estabelecimento de relações entre as informações percebidas a partir das fórmulas empíricas. Contudo, em relação à memória, constatamos na primeira tarefa uma memória verbal desorganizada, e agora, notamos o uso da memória do tipo imagens por representação.

Todavia não nos ficou claro os fatores que levaram E5 a usar ora a memória verbal, ora a imagem de representação. Poderíamos pensar que fosse por causa dos objetivos das tarefas que eram distintos, uma vez que a o objetivo da tarefa pode levar à memória a recuperar o que for necessário para atingir o objetivo da tarefa a ser executada, porém, não obtivemos indícios para fazer tal afirmativa.

Finalizada a análise sobre como os processos psíquicos atuam nas atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas, constatamos que o licenciando E5, também, não conseguira atingir o objetivo da segunda tarefa, assim como ocorrera com a primeira tarefa do desafio, mas não fora o único dessa vez. Além de E5, E3 e E4, também não conseguiram formar grupos com as fórmulas empíricas. Os licenciandos E1, E2, E6 e E8, embora não tenham alcançado o objetivo da tarefa, que era formar cinco grupos com três fórmulas em cada, pelo menos conseguiram formar alguns grupos de fórmulas empíricas. Na realidade somente o licenciando E7 chegou perto de resolver a segunda tarefa do desafio, formou cinco grupos, com três fórmulas químicas em cada um dos grupos, mas não usou o critério: proporção entre os elementos químicos constituintes das substâncias representadas pelas fórmulas empíricas.

Diante de tais resultados, fizemos o exercício de comparar as experiências escolares e profissionais dos licenciandos, e constatamos que ao analisarmos o fato do licenciando E5 não ter conseguido realizar a primeira tarefa do desafio, buscamos justificar o fato ocorrido

comparando suas experiências escolar e profissional com as experiências de E6, que havia atingido o objetivo da tarefa. Naquele momento, consideramos que, pelo fato de E6 trabalhar como professor de química, sua capacidade de percepção, atenção, memorização e pensamento lógico, estava um nível acima da capacidade psíquica do licenciando E5 para resolver o desafio.

Porém, agora, comparando as experiências acadêmicas e profissionais de E4 com as experiências de E6, encontramos mais semelhanças do que diferenças. Isto nos levou a reforçar nossa concepção que, embora tais experiências influenciem no desenvolvimento das capacidades de percepção, atenção, memorização, pensamento lógico e linguagem dos sujeitos, as mesmas não são suficientes para justificar a diferença de nível de desenvolvimento psíquico entre os sujeitos: outras experiências socioculturais vividas pelos licenciandos precisam ser levadas em consideração pra entendermos as discrepâncias entre os níveis de desenvolvimento dos processos psíquicos dos licenciandos, diante do desafio proposto.

Outro acontecimento que nos chamou a atenção, durante a análise da atuação dos processos psíquicos nas atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas realizadas pelos licenciandos diante da segunda tarefa do desafio, foi a influência de alguns questionamentos nossos sobre a atenção dos licenciandos.

Podemos citar como exemplo, o fato de E3 tentar resolver a tarefa formando grupos de moléculas diatômicas, triatômica sem perceber que nem todas as fórmulas empíricas ali disponíveis representavam substâncias constituídas por moléculas, logo seu critério estava equivocado. Conduto, o licenciando só passou a ter sua atenção voltada para este problema quando lhe questionamos se todas as fórmulas empíricas representavam moléculas.

Inferimos, então, que ao nos pronunciarmos, por meio do questionamento, pode ter ficado explícito para E3 que havia uma perspectiva distinta da dele em relação ao critério que ele havia pensado para resolver a tarefa. E ficou explícito para nós que aquele momento de diálogo sobre a resolução da tarefa com o licenciando E3 poderia ser compreendido como uma cena de atenção conjunta, uma vez que nós e E3 estávamos prestando atenção conjuntamente à tarefa (terceiro elemento), e à atenção um do outro à tarefa, por um período razoável de tempo. Estávamos, portanto, interagindo intersubjetivamente com E3 usando a linguagem química para influenciar na atenção do mesmo.

Diante de tal constatação, fomos levados a pensar que a mesma experiência de cena de atenção conjunta ocorrera durante todos os momentos em que conversamos com os licenciandos acerca da realização das tarefas que compuseram o desafio proposto.

Concluindo a análise sobre como os processos psíquicos atuam nas atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas realizadas pelos licenciandos em química ao resolverem a segunda tarefa do desafio, chegamos à seguinte síntese de resultados: a) todos os licenciandos realizaram as atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas; b) quase todos os licenciandos discriminaram o símbolo dos elementos químicos como uma das marcas semânticas perceptíveis da expressão [fórmula empírica]; c) verificamos o emprego de uma maior variedade de significados do conceito composição química e o estabelecimento de relações entre estes, o que gerou diferentes centros de atenção entre os licenciandos; d) um licenciando recorreu à memória tipo imagem por representação para tentar resolver a tarefa, mas não conseguiu; e) identificamos equívocos conceituais que relacionamos com: a automatização na resolução de problemas que envolvem conteúdos químicos por parte dos licenciandos, e como o fato destes dirigirem maior atenção para atingir o objetivo da tarefa do que para as ações utilizadas para realiza-la; f) falta de coerência (relação lógica) entre critérios empregados pelo mesmo licenciando na solução da tarefa; g) dificuldade da maioria dos licenciandos em elaborar critérios de argumento com base em relações das marcas semânticas percebidas.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao refletirmos acerca dos resultados obtidos da análise sobre como os processos psíquicos dos licenciandos em química atuam nas atividades de interpretação e tradução das fórmulas empíricas, ao empregarem o signo composição química durante a resolução de uma situação problema, elaboramos algumas considerações.

A percepção e a memória dominam sobre as demais ações auxiliares na elaboração dos critérios de classificação das fórmulas químicas, que são pouco elaborados em termos lógicos. A atenção se satisfaz com a possibilidade de chegar a algum resultado, mesmo que não haja coerência global no procedimento empregado. A inter-relação das atividades da consciência transparece ao longo dos procedimentos realizados pelos estudantes para a realização das tarefas: as dificuldades de criar critérios de análise podem ser explicadas por interferências de fatores culturais inerentes aos licenciandos, como: a) desorganização dos conhecimentos registrados na memória; b) desconhecimento acerca das marcas semânticas das expressões das fórmulas empíricas, dos significados do conceito composição química e de outros conceitos necessários, que servem de base para as ações de identificação, comparação e

generalização; c) emprego de conceitos em estado inicial de desenvolvimento em situações com alto grau de complexidade; e d) o grau de automatização na resolução da situação problema.

Além de engendrar dificuldades pessoais para o estabelecimento de relações entre conceitos e/ou significados de conceitos, outra consequência das interferências dos fatores individuais acima relacionados foi o emprego incorreto, ou impreciso, de signos químicos pelos licenciandos. As dificuldades em relacionar conceitos e o emprego equivocados de signos químicos podem ter sido a causa para que alguns licenciandos não tenham, por exemplo, conseguido alcançar os objetivos das tarefas que compunham o desafio proposto na pesquisa.

Consideramos, também, que a atuação dos processos psíquicos dos licenciandos, que foram desafiados a propor soluções para as situações problemas, dependeu do grau de interesse do licenciando em atingir o objetivo da situação problema, e pelas suas experiências sociais vividas (instrução, profissão, dentre outras).

Ao constatarmos que existiam condutas diferentes para resolver o desafio — a situação problema que propomos nesta pesquisa—, fizemos algumas comparações entre os licenciandos. Como resultado, ponderamos que para realmente compreendermos como as interações sociais dos licenciandos interferem na atuação dos processos psíquicos, é preciso irmos além das informações acerca das experiências escolares e profissionais dos sujeitos. Devemos levar em conta outras dimensões do ser humano como: política, religiosa, cultural, ética, dentre outras.

Porém, isto não nos impediu de relacionar a conduta de alguns licenciandos com sua formação escolar e sua atividade profissional, no intuito de entendermos os procedimentos adotados para tentar propor uma solução para o desafio. De fato, a situação problema que propusemos aos licenciandos foi planejada tendo como referência o nível de desenvolvimento suposto para os licenciandos<sup>41</sup>, uma vez que envolveu conteúdos químicos estudados por eles desde a educação básica, empregados seguidamente, no ensino superior e, necessários ao exercício profissional.

Se casos individuais puderam ser relacionados às experiências escolares e profissionais dos licenciandos, entendemos que, também, seria possível estabelecermos relações entre tais experiências e um comportamento em comum entre os licenciandos.

---

<sup>41</sup> O nível de desenvolvimento de um indivíduo, inerente ao conceito de zona de desenvolvimento proximal (VIGOTSKI, 1991), constitui-se em um estado no qual as funções mentais do indivíduo já se estabeleceram como resultado de processos de desenvolvimento já completados.



Comportamento este, que supomos ter sido o motivo para que nenhum licenciando tenha, efetivamente, solucionado a segunda tarefa do desafio empregando, claramente o critério correto. O comportamento ao qual nos referimos foi a não correlação entre os índices numéricos das fórmulas empíricas e o significado proporção entre os elementos constituintes das substâncias representadas pelas fórmulas empíricas.

Esta não foi a primeira vez que constatamos que os licenciandos não costumam correlacionar o conceito proporção entre os elementos constituintes das substâncias com os índices numéricos das fórmulas empíricas. Em uma pesquisa anterior, no qual os mesmos licenciandos foram solicitados a resolverem alguns problemas teóricos de química, notamos que o significado atribuído pelos licenciandos aos índices numéricos das fórmulas empíricas foi o mesmo para todas as fórmulas com as quais trabalharam: o de quantidade. Diante desse resultado, consideramos que isto não implicaria em um problema conceitual se todas as substâncias representadas pelas fórmulas empíricas fossem constituídas por moléculas, porém algumas substâncias envolvidas nos problemas eram formadas por retículos tridimensionais indeterminados, e que nestes casos o significado adequado para os índices numéricos deveria ser o de proporção entre os elementos constituintes.

Inferimos que o fato dos licenciandos não correlacionarem os índices numéricos das fórmulas empíricas ao significado proporção entre os elementos constituintes, pode decorrer da falta de conhecimento acerca das regras de significação das fórmulas empíricas (códigos e subcódigos semânticos) que orientam esta correlação, ou da falta de compreensão acerca da estrutura da própria expressão fórmula empírica e dos significados do conceito composição química, ou do fato de tais significados ainda se encontrarem em estado elementar de desenvolvimento.

Todavia, uma vez que observamos que este problema relacionado à interpretação dos índices numéricos das fórmulas empíricas é recorrente, e diante dos equívocos conceituais cometidos pelos licenciandos em química que foram evidenciados na pesquisa, consideramos que é preciso avaliar a maneira como o estudo do signo composição química vem sendo realizado no âmbito da educação básica, mas, principalmente, nos cursos graduação em Licenciatura em Química.

Acreditamos que, sendo a aula de química uma atividade sociocultural de comunicação e de significação, e que, portanto, pressupõe a apropriação e o uso da linguagem química, o fato de professores de química usarem inadequadamente essa linguagem pode comprometer a aprendizagem de conceitos científicos, especificamente, o conhecimento químico. E ao comprometer a aprendizagem do conhecimento químico, o uso inadequado da

linguagem química durante a atividade de ensino poderá prejudicar o desenvolvimento da percepção, atenção, memória e pensamento lógico dos estudantes, já que a aprendizagem de conceitos científicos é responsável por promover o desenvolvimento psíquico dos seres humanos (VIGOTSKI, 2009).

Para entendermos como essa relação acontece, consideramos que o processo de aprendizagem de conhecimentos químicos pressupõe o emprego de signos, logo podemos inferir que esse processo depende das atividades de interpretação e tradução das expressões dos signos empregados, e, conseqüentemente, requer a atuação dos processos psíquicos, como comprovamos com a nossa pesquisa. Portanto, quanto mais se processa a aprendizagem de conceitos químicos veiculados por expressões químicas, mais se propicia a realização das ações auxiliares de: discriminar, identificar, classificar, reproduzir o conhecimento memorizado, dirigir sua atenção, selecionar conceitos necessários para alcançar o objetivo, registrar novos conhecimentos, generalizar, estabelecer relações entre conceitos, dentre outras. E, se à medida que tais ações são praticadas, elas passam a ser executadas com mais eficácia, isto pode significar maior capacidade dos aprendizes de perceber, memorizar, ter atenção e pensar de maneira lógica, isto é, desenvolvimento dos processos psíquicos desse aprendiz.

Destarte, é preciso rever como os cursos de formação inicial e formação continuada de professores estão abordando o signo composição química na sua totalidade, o que implica no estudo sistemático das estruturas das suas expressões (nomes de substâncias, fórmulas: empíricas, estruturais etc.); os significados do conceito e as relações entre eles e outros conceitos e significados de outras áreas de conhecimento; e as regras de significação (códigos) responsáveis pela correlação entre expressões e significados.

Contudo, não consideramos que isto seja suficiente. É preciso, também, que futuros professores de química e os professores já em exercício da profissão compreendam: (i) a contribuição que o conhecimento acerca de como a aprendizagem de signos químicos propicia o desenvolvimento dos processos psíquicos dos estudantes; (ii) o porquê desse desenvolvimento ser importante; (iii) e como proceder para que isso aconteça.

Consideramos que pode ser de grande valia para os professores de química saber que por meio do acompanhamento da realização das ações auxiliares constituintes da interpretação e tradução das expressões dos signos químicos é possível avaliar o desenvolvimento da aprendizagem dos aprendizes acerca: a) das estruturas das expressões; b) dos significados de um ou mais conceitos; c) das relações estabelecidas entre significados de um mesmo conceito e entre conceitos e significados de outras áreas de conhecimento; d) das

regras de significação (códigos) responsáveis pela correlação entre expressões e significados; dentre outros.

Ampliar a capacidade de avaliar o processo de aprendizagem dos signos químicos em sua totalidade pode levar aos professores de química a compreender com mais propriedade, o que pode está acontecendo quando um aluno interpreta e traduz uma expressão química, levando-o a refletir sobre como precisará agir sobre as ações auxiliares que constituem estas atividades, no intuito de fazer com que elas sejam realizadas com mais eficiência. Buscar maior eficiência de tais ações é propiciar o exercício da percepção, da atenção, da memória, do pensamento lógico, isto é, de todo sistema funcional psíquico do aluno, visando seu desenvolvimento.

#### 4.6 REFERÊNCIAS

ARROJO, Rosemary. *O signo desconstruído: implicações para a tradução, a leitura e o ensino*. 2ª e. Campinas: Pontes Editores, 2003.

ARROJO, Rosemary. A tradução como “problema teórico”, as estratégias do logocentrismo e a mudança de paradigma. *TRADTERM*, v.1, pp. 39-48, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/tradterm/article/view/49945/54068>>, acesso em maio de 2016.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2002.

BROWN, Theodore L.; LeMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. *Química central*. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

CARVALHO, Anna M. P. de; GIL-PÉREZ, Daniel. *Formação de professores de Ciências*. 8ª ed. São Paulo: Cortez, 2006.

CACHAPUZ, Antonio; PAIXÃO, Fátima. Mudanças na prática de ensino da química pela formação dos professores em história e filosofia das ciências. *Química nova na escola*. v. 1, n. 18, p.31-36, 2003.

CHANG, Raymond. *Química*. 5ª ed. Portugal: McGraw-Hill, 1994.

CONNELY, Neil G. et al. Nomenclature of inorganic chemistry – IUPAC recommendations 2005. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. Available: <[http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red\\_Book\\_2005.pdf](http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf)> Accessed: March 3, 2015.

CROTTY, Michael. *The foundations of social research: meaning and perspective in the research process*. London: Sage, 1998.

ECO, Umberto. *O signo*. 3ª ed. Lisboa: Editorial Presença, LDA., 1973.

\_\_\_\_\_. *Lector in fabula*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1986.

\_\_\_\_\_. *Tratado geral de semiótica*. 3ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.

\_\_\_\_\_. *As formas do conteúdo*. 3ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2010.

- \_\_\_\_\_. *Quase a mesma coisa*. Rio de Janeiro: Edições BestBolso, 2011.
- \_\_\_\_\_. *Os limites da interpretação*. 2ª ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2015.
- GONÇALVES, Fabiano B. Estudos de tradução e semiologia: as contribuições de Umberto Eco. *Organon*, nº 37, v.18, 2004. Disponível em <<http://seer.ufrgs.br/organon/issue/view/1733/showToc>>. Acesso em: dezembro, 2015.
- GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. W. *Competing paradigms in qualitative research*. In: N. K. DENZIN; Y. S. LINCOLN (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage, 1994. p. 105-117.
- HJELMSLEV, Louis. *Prolegômenos a uma teoria da linguagem*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- JOHNSON, B.; CHRISTENSEN, L. *Educational research: quantitative, qualitative, and mixed approaches*. Thousand Oaks: Sage, 2012.
- LEONTIEV, A. et al. *Psicologia e pedagogia: bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento*. 4ª ed. São Paulo: Centauro, 2007.
- LURIA, Aleksandr R. *Fundamentos de Neuropsicologia*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1981.
- \_\_\_\_\_. *Curso de psicologia geral*. Vol. 1. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979a.
- \_\_\_\_\_. *Curso de psicologia geral*. Vol. 3. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979b.
- \_\_\_\_\_. *Curso de psicologia geral*. Vol. 4. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979c.
- \_\_\_\_\_. *Desenvolvimento cognitivo*. 4ª ed. São Paulo: Ícone, 1990.
- \_\_\_\_\_. *Curso de psicologia geral*. Vol. 2. 2ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991.
- \_\_\_\_\_. O cérebro humano e a atividade consciente. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 11ª ed. São Paulo: Ícone, 2010, p. 191-228.
- MACHADO, Andréa Horta. *Aula de química: discurso e conhecimento*. 2ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2004.
- MALDANER, O. A., & PIEDADE, M. C. T (1995). Repensado a Química: a formação de equipes de professores / pesquisadores como forma eficaz de mudança da sala de aula em química. *Química Nova na Escola*, p. 15-19.
- MALDANER, Otávio Aloisio. *A formação inicial e continuada de professores de química*. 2ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003, p.162 -165.
- MORAES, Roque. Análise de conteúdo. *Revista Educação*, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.
- SILVA, Dora, R. da. O enigma de QAF: uma análise da tradução. *Revista Percursos Linguísticos*, v.5, n.10, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.ufes.br/percursos/article/view/8474/7694>> Acesso em maio de 2016.

SILVA, José Luis P. B. et al. A composição no ensino de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. *Anais...* Belo Horizonte: Abrapec/UFMG, 2007. 1 CD.

TOMASELLO, M. *Origens culturais da aquisição do conhecimento humano*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

TRIVIÑOS, A. N. SILVA. *Introdução à pesquisa em ciências sociais - A pesquisa qualitativa em Educação*. São Paulo: Atlas, 2007.

VIANNA, H. M. *Pesquisa em educação – a observação*. Brasília: Liber Livro Editora, 2007.

VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2ª Ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009 (2001).

\_\_\_\_\_. *Obras Escogidas*. Madrid: A. Machado Libros, 2001.

\_\_\_\_\_. *A formação social da mente*. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

\_\_\_\_\_. *Teoria e método em psicologia*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV A.N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. 11ª Ed. São Paulo: Ícone, 2010 (2001).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida no curso de doutorado teve como objetivo geral analisar como licenciandos em química usam o signo composição química ao se relacionarem com substâncias envolvidas em problemas teóricos de química. Todavia para alcançarmos tal objetivo, definimos três linhas de investigações com objetivos específicos distintos, que deram origem a três artigos científicos.

Nas investigações usamos a semiótica de Umberto Eco e a psicologia de Vigotski para analisar o uso de signos sob diferentes aspectos. A partir dos referências teóricas citadas, seguimos alguns princípios.

Um dos princípios seguidos foi a concepção de que conceito é um tipo de signo, ou seja, é função sígnica contraída na correlação estabelecida, sob orientação de regras de significação (códigos), entre expressões e significados com elevado grau de abstração e generalidade.

Outro princípio que utilizamos como elemento norteador das investigações foi a ideia de que empregar signos implica em realizar as atividades conscientes de interpretação e tradução das expressões, parte externa do signo, responsáveis por tornar os significados perceptíveis. Para a realização de tais atividades contamos com a participação dos processos psíquicos: percepção, atenção, memória, pensamento lógico e linguagem.

Todas as investigações seguiram o princípio de que quando nos deparamos com situações problemas recorremos ao emprego funcional de signos — social e culturalmente apreendidos—, que nos servem como meio para orientarmos nossas ações visando resolver tais situações problemas.

Além dos princípios ora citados, outros estiveram orientando nossas análises, que engendraram muitos e significativos resultados.

Nesta seção, onde apresentaremos as considerações finais, buscamos estabelecer relações entre os resultados obtidos a partir das três investigações, a fim de responder à questão de pesquisa mais ampla: como licenciandos em química usam o signo composição química, ao se relacionarem com as substâncias presentes nos enunciados dos problemas teóricos de química?

Estabelecidas as relações, apresentamos algumas implicações para a formação inicial e continuada de professores de química e para as pesquisas na área de ensino de química.

## 5.1 EMPREGO DO SIGNO COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NOMES DAS SUBSTÂNCIAS

Embora o signo composição química seja constituído pela expressão |nome da substância|<sup>42</sup>, pouco pudemos compreender acerca de como os licenciandos interpretam e traduzem tal expressão, pois, a maioria dos licenciandos não realizou essas atividades para resolver as situações problemas (problemas teóricos e desafio) propostas nas investigações.

Consideramos que isto ocorreu devido às dificuldades demonstradas pelos licenciandos em: identificar os nomes radicais de elementos químicos; discriminar os prefixos multiplicadores e os sufixos modificadores; determinar a eletronegatividade dos elementos; e recordar regras que orientam a nomenclatura química, estabelecidas pela IUPAC, órgão responsável por atualizar tais normas.

Diante de tais dificuldades, os licenciandos não conseguiram usar diretamente os nomes das substâncias para resolver as situações problemas, o que os levou a recorrer à interpretação e tradução das respectivas fórmulas empíricas.

Além das dificuldades citadas, inferimos que os licenciandos agiram de maneira automatizada diante dos problemas que envolviam conteúdos químicos. Relacionamos a ação automática do uso de |fórmulas empíricas|, ao invés dos |nomes de substâncias|, às experiências de análise e classificação dos materiais expressos pelas |fórmulas empíricas|, vivenciadas pelos licenciandos nos âmbitos acadêmico e profissional.

Uma vez que constatamos a existência de problemas na apropriação dos |nomes de substâncias| por parte de uma maioria expressiva dos licenciandos, sugerimos que os cursos de formação de professores de química, no mínimo, fiquem alertas quanto ao ensino desse tipo de linguagem química e, conseqüentemente, do signo composição química. Fundamentados na complexidade do que evidenciamos acerca do emprego do signo composição química — o qual envolve a interpretação e tradução dos nomes das substâncias —, defendemos que o ensino deve ir além do uso dos nomes das substâncias no transcorrer das aulas, ou do contato com tais nomes presentes nos livros didáticos, pois tais experiências não são suficientes para que esse tipo de linguagem química seja aprendido pelos estudantes.

Todavia, para repensar a maneira de planejar o ensino do signo composição química, com vistas a criar sistematização para o estudo específico, das atividades de

---

<sup>42</sup> Utilizamos esta notação para explicitar as partes que constituem o signo: a |expressão| e o «conteúdo» (sistema conceitual, conceito, significado).

interpretação e tradução dos nomes das substâncias é preciso dominarmos os aspectos semiótico e psicológicos inerentes a essas atividades.

E uma vez elaboradas propostas didáticas com o objetivo de ensinar como interpretar e traduzir os nomes das substâncias, alicerçadas em conhecimentos semióticos e psicológicos, recomenda-se que se investigue os efeitos que tais propostas poderão engendrar na apropriação do conhecimento químico, isto é, na formação e desenvolvimento do pensamento químico por parte dos estudantes dos cursos de Licenciatura em Química. Serão trabalhos que se seguirão a estes.

## 5.2 EMPREGO DO SIGNO COMPOSIÇÃO QUÍMICA E FÓRMULAS EMPÍRICAS

Ao empregarem o signo composição química na busca por proporem soluções para os problemas teóricos e para o desafio apresentados nas investigações, todos os licenciandos interpretaram e traduziram as [fórmulas empíricas] usando os processos psíquicos.

A maioria dos licenciandos usou a percepção para discriminar a marca semântica símbolo dos elementos químicos. Por meio do pensamento lógico, a maioria identificou o significado «elementos químicos constituintes das substâncias» e generalizou as substâncias representadas pelas fórmulas empíricas, a partir das semelhanças percebidas. Coube à atenção selecionar o(s) significado(s) usados como centro(s) de atenção. Já a memória teve a tarefa de reproduzir os nomes dos elementos químicos.

De maneira distinta da maioria, alguns licenciandos discriminaram outras marcas semânticas além dos símbolos dos elementos: os índices numéricos subscritos e a ordem da escrita dos símbolos dos elementos. Consequentemente, identificaram, por meio do pensamento lógico, significados como: «elementos químicos constituintes das substâncias», «quantidade dos elementos constituintes das substâncias», e «eletronegatividade dos elementos». Também usaram o pensamento lógico para: estabelecer relações entre os significados identificados, gerando novos significados do conceito composição química; e generalizar as fórmulas químicas. A atenção, então, esteve voltada para mais de um centro. E a memória fora usada para reproduzir: os nomes de elementos químicos, ligações químicas e classes (óxidos, sais etc.); além de algumas normas da nomenclatura química, e outros conhecimentos químicos.



Os licenciandos, ao empregarem o signo composição química, foram influenciados pela circunstância de estarem participando de uma pesquisa da área de ensino de química e pelos contextos definidos nos enunciados dos problemas químicos.

A definição do centro de atenção por parte dos licenciandos, por exemplo, coube aos contextos, isto é, aos enunciados dos problemas teóricos e do desafio. Estes foram os responsáveis por orientar a atenção dos licenciandos para a seleção dos significados que seriam necessários para a resolução das situações problemas. Em outras palavras, os contextos orientaram os licenciandos a definirem, no interior do sistema conceitual químico do qual se apropriaram, certas regiões que continham os significados que julgaram necessários para resolver determinados problemas. Vimos, por exemplo, que o aspecto quantitativo do signo composição química só fora interpretado a partir dos índices numéricos das fórmulas e relacionado aos significados que faziam referência ao aspecto qualitativo nos problemas que envolviam os cálculos da massa molar e da variação de entalpia.

Na realidade, as três investigações demonstraram que o aspecto quantitativo do signo composição química teve menos atenção por parte dos licenciandos do que o aspecto qualitativo. Além disso, constatamos que nas vezes em que os índices numéricos subscritos aos símbolos das fórmulas empíricas se tornaram objetos de interpretação e tradução, foram correlacionados, exclusivamente, ao significado «quantidade de átomos dos elementos químicos constituintes das substâncias». Contudo, o significado «quantidade de átomos» não deveria ter sido correlacionado indiscriminadamente a todas as fórmulas empíricas como fizeram alguns licenciandos ao empregarem o signo composição química para resolverem as situações problemas às quais foram submetidos.

O equívoco de usar fórmulas empíricas, que representavam, por exemplo, substâncias constituídas por retículos tridimensionais indeterminados, para veicular o significado acima citado, pode ter sido gerado pelo fato desses licenciandos desconhecerem a norma de nomenclatura da IUPAC que determina que os índices numéricos das fórmulas empíricas devem significar «proporção entre os elementos constituintes das substâncias» representadas, e que adverte que o significado «quantidade de átomos» só deve ser atribuído aos índices numéricos das fórmulas que representam substâncias moleculares.

Embora tenhamos constatado que os licenciandos procederam de forma semelhante ao optarem pela expressão [fórmulas empíricas] para constituir o signo composição química ao empregá-lo para solucionar as situações problemas, o mesmo não ocorrera em relação aos sistemas conceituais veiculados por tais expressões. Consideramos que, as semelhanças e diferenças entre os sistemas conceituais empregados pelos licenciandos decorreram do fato de

tais sistemas serem subjetivos, já que a apropriação dos conceitos que constituem o conhecimento histórico e culturalmente produzido pela humanidade resulta dos diversos processos de socialização, formação e desenvolvimento dos seres humanos. O modo como cada licenciando estabeleceu as interconexões entre os significados do conceito composição química, formando os sistemas conceituais, resultou da maneira como cada um dos licenciandos se apropriou dos conceitos científicos durante sua formação escolar, mais especificamente, da maneira como aprenderam que um conceito químico se coordena e se subordina a outros.

### 5.3 IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Ao refletirmos acerca dos resultados obtidos na análise sobre como licenciandos em química usam o signo composição química ao se relacionarem com substâncias envolvidas em problemas teóricos de química, elaboramos algumas proposições para o ensino de química nos cursos de formação inicial e continuada de professores de química.

Propomos que nesses cursos seja realizada abordagem explícita: dos significados qualitativos e quantitativos do signo composição química; dos nomes das substâncias e das fórmulas empíricas e suas respectivas marcas semânticas; e dos códigos históricos e socialmente estabelecidos responsáveis por promover a contração da função sígnica: composição química.

Defendemos ser preciso que ao ensinar conceitos científicos, em especial os conceitos químicos, o professor de química crie condições para avaliar constante e paulatinamente: as relações entre os conceitos internalizados pelos estudantes e entre novos conceitos; o movimento do pensamento do geral para o específico, e vice-versa; o processo de formação do sistema conceitual químico a partir do emprego dos mesmos, seja por meio da fala ou da escrita dos estudantes.

Os professores atuantes ou futuros professores de química devem buscar compreender o emprego do signo composição química nos seus aspectos semânticos e psicológicos, uma vez que a articulação entre essas dimensões pode orientá-los a planejarem propostas didáticas que possibilitem ao estudante a internalização de um conjunto de elementos constituintes do signo/conceito composição química. São elementos desse conjunto:

- a) Expressões (fórmulas, nomes) e suas marcas semânticas (símbolos, índices numéricos, parênteses etc.);

- b) Códigos elaborados e aceitos pela comunidade química;
- c) Outros conceitos relacionados entre si e que apresentam diferentes graus de generalização e abstração constituindo um sistema com possibilidade de desenvolvimento;
- d) Contexto como elemento que influencia no estabelecimento da correlação entre expressão e significado, e no uso do conceito, ou do sistema conceitual.

Contudo, o processo de aprendizagem — atividade inerente aos estudantes — desse conjunto de elementos deve ser consciente e intencional, ou seja, o estudante deve ter consciência de que está sendo direcionado para a internalização do conceito composição química. Para tanto, o estudante precisa ser ensinado a empregar a percepção, a atenção, a memória, o pensamento e a linguagem de modo justificado.

O conjunto de elementos a serem ensinados pelo professor de química e a serem apreendidos pelos estudantes de forma intencional e consciente por meio do estudo do conceito composição química, é capaz de modificar a natureza da mediação entre o estudante de química e os materiais que o rodeiam, ou entre o estudante e os problemas de química. A mediação deixa de ser sensorial e concreta, e passa a ser de máxima generalização e abstração, uma vez que a ferramenta de mediação, que neste caso específico é o conceito de composição química, se refere aos materiais por meio de outros conceitos.

Vimos que na perspectiva da psicologia histórico-cultural a aprendizagem — considerada como a tomada de consciência acerca dos fenômenos e dos materiais que constituem a realidade na qual o ser humano está inserido — está à frente do desenvolvimento psíquico do ser humano (VIGOTSKI, 2009). Já o ensino, uma vez que se adiante ao desenvolvimento psíquico, pode promovê-lo, desde que estimule a internalização do que ainda não foi aprendido pelo ser humano.

É preciso, também, que futuros professores de química e os professores já em exercício da profissão compreendam: (i) a contribuição que o conhecimento acerca de como a aprendizagem de signos químicos propicia o desenvolvimento dos processos psíquicos dos estudantes; (ii) o porquê desse desenvolvimento ser importante; (iii) como proceder para que isso aconteça.

Consideramos ser de grande valia que os professores de química saibam que por meio do acompanhamento da realização das ações auxiliares constituintes da interpretação e tradução das expressões dos signos químicos é possível avaliar o desenvolvimento da aprendizagem dos aprendizes acerca: das estruturas das expressões; dos significados do conceito; das relações estabelecidas entre significados de um mesmo conceito e entre

conceitos e significados de outras áreas de conhecimento; das regras de significação (códigos) responsáveis pela correlação entre expressões e significados; dentre outros.

Ampliar a capacidade de avaliar o processo de aprendizagem dos signos químicos pode levar aos professores de química a compreender com mais propriedade, por exemplo, o que pode está acontecendo quando um aluno interpreta e traduz uma expressão química, levando-os a refletir sobre como precisará agir sobre as ações auxiliares que constituem estas atividades, no intuito de fazer com que elas sejam realizadas com mais eficiência. Buscar maior eficiência de tais ações é propiciar o exercício da percepção, da atenção, da memória, do pensamento lógico, isto é, de todo sistema funcional psíquico do aluno, visando seu desenvolvimento.

Finalmente, esperamos que os trabalhos ora apresentados contribuam para uma formação mais consciente e conseqüente tanto de licenciandos em química, quanto de professores de química.

## APÊNDICE 1

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

A pesquisa sobre o emprego do signo composição química dos materiais, é um projeto de investigação de doutorado do Programa de pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das ciências da UFBA/UFES, da pesquisadora Isadora melo Gonzalez, também, professora da Faculdade de Educação da UFBA.

O objetivo da pesquisa é explicar como os símbolos e fórmulas químicas literais participam da formação do pensamento químico, dos estudantes dos cursos de Licenciatura em Química, química bacharelado e química industrial.

O/A Sr/a. é convidado/a a participar da pesquisa, o que envolve fornecer dados aos pesquisadores da pesquisa a respeito dos seus conhecimentos sobre o uso de símbolos, formulas e equações químicas no processo de formação do pensamento químico. Poderá haver observações, respostas a questionário, entrevistas e a análise das atividades escritas produzidas durante a pesquisa. Os encontros serão gravados e transcritos para obtenção de informações necessárias à pesquisa. As gravações e transcrições, assim como as atividades escritas, serão guardadas em segurança até o fim da pesquisa, quando serão destruídas.

Sua participação é inteiramente voluntária, sem qualquer pagamento. O/A Sr/a. poderá deixar de participar da pesquisa a qualquer momento.

Todas as informações obtidas do/a Sr/a. serão confidenciais, às quais só terão acesso os pesquisadores da pesquisa. Serão usadas apenas para os fins da pesquisa. A publicação dos resultados da pesquisa poderá conter trechos das falas nos encontros, porém, mantendo sigilo a respeito da real identidade dos participantes. Quando necessário, serão empregados nomes fictícios e/ou codificados para identificar os participantes.

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é assinado em duas vias, uma para o/a Sr/a e outra para a pesquisa. Caso deseje maiores esclarecimento, solicitar ao/à professora.

Declaro que compreendi as informações apresentadas neste documento e dei meu consentimento para participação na pesquisa.

Nome	
Telefone(s)	
E-mail	

Salvador, \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_.

Assinatura: \_\_\_\_\_