



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



RENATA ROSA DOTTO BELLAS

**CONCEITOS DE SUBSTÂNCIA ATRIBUÍDOS POR
LICENCIANDOS EM QUÍMICA: UMA ANÁLISE
HISTÓRICO-CULTURAL**

Salvador
2018

RENATA ROSA DOTTO BELLAS

**CONCEITOS DE SUBSTÂNCIA ATRIBUÍDOS POR
LICENCIANDOS EM QUÍMICA: UMA ANÁLISE
HISTÓRICO-CULTURAL**

Tese 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 Luís de Paula Barros Silva

Salvador
2018

RENATA ROSA DOTTO BELLAS

**CONCEITOS DE SUBSTÂNCIA ATRIBUÍDOS POR
LICENCIANDOS EM QUÍMICA: UMA ANÁLISE
HISTÓRICO-CULTURAL**

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.

RESULTADO DA BANCA: _____ em ____ de _____ de 2018

BANCA EXAMINADORA

José Luis de Paula Barros Silva – Orientador _____
Doutor em Química
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Abraão Felix da Penha _____
Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências
Universidade Estadual da Bahia – UNEB

Andréa Horta Machado _____
Doutora em Educação
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Hélio da Silva Messeder Neto _____
Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Isadora Melo Gonzalez _____
Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Aos meus pais Lázaro e Elizete,
E às minhas filhas Eduarda e Lara:
Minha fonte inesgotável de força e amor.

AGRADECIMENTOS

Diante dos entraves que dificultaram essa caminhada e das circunstâncias que me permitiram chegar até aqui, as palavras que refletem o desenvolvimento deste trabalho são: superação e GRATIDÃO.

A Deus, pela sabedoria e por me conceder o bem maior: a VIDA. Pela força e ânimo que me motivaram a continuar quando tudo favorecia a minha desistência.

Ao inesquecível orientador José Luis de Paula Barros Silva, fonte de inspiração; grande exemplo de ser humano e educador. Com sua atenção, compreensão, presteza e sabedoria, me permitiu chegar até aqui. Meu muitíssimo obrigado pelo incentivo, aprendizado e desenvolvimento. As palavras não são suficientes para expressar a minha eterna gratidão, admiração e carinho.

Aos meus pais Lázaro e Elizete, pelo amor, dedicação, princípios e valores que contribuíram para minha formação. Em especial, dedico esta realização à minha mãe, pelo apoio e por estar presente em todas as horas da minha vida, fazendo-me renovar as forças diariamente.

À minha filha Eduarda e ao meu esposo Marcelo, pelo amor, carinho e por compreenderem os momentos em que não pude estar presente.

À minha filha Lara, que no meu ventre me inspirou a continuar e me encheu esperança e alegria.

Aos meus irmãos Nathalia e Rodrigo, pela torcida, estímulo, admiração e amor.

Às minhas avós Florzinha e Valdelice, pelo carinho e sabedoria.

Às minhas tias Edna e Niscinha, pelas palavras de incentivo, apoio e orações.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, por contribuírem com a minha formação.

Aos membros da banca, por aceitarem o nosso convite e pela contribuição para o aprimoramento do trabalho.

Aos docentes e discentes da Universidade do Estado da Bahia que participaram desta investigação, tornando possível a realização de nossa pesquisa.

Às professoras Bárbara e Tatiana, que cederam parte de sua aula para que pudéssemos iniciar o trabalho.

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram até aqui. Muito obrigada por possibilitarem essa experiência, extremamente importante para meu crescimento pessoal e profissional.

DOTTO BELLAS, Renata Rosa. **Conceitos de substância atribuídos por licenciandos em química: uma análise histórico-cultural**, 180 fl. 2018. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

RESUMO

A concepção de que, na sociedade contemporânea, o desenvolvimento humano requer o domínio de conhecimentos científicos, demanda uma reflexão sobre quais conteúdos são necessários para uma formação coerente com tal finalidade e sobre o papel da escola e da universidade no desenvolvimento da consciência através da socialização dos saberes clássicos/conceitos científicos. O conceito de substância tem um papel fundamental na Química, já que este se refere à composição dos materiais, que é uma ideia estruturadora do pensamento químico. Entretanto, pesquisas da área de Ensino de Química apontam uma série de problemas associados ao ensino e à aprendizagem deste conceito. O presente trabalho se insere na linha de investigação qualitativa cujo objetivo é compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos. Entendemos que o conhecimento acerca da natureza do conceito poderá contribuir na construção do significado químico de substância. Neste sentido, para tratar da natureza do conceito apresentamos em nosso referencial teórico as contribuições de Vigotski a partir da Psicologia Histórico-Cultural, as contribuições filosóficas por Hardy-Vallée e as contribuições da História da Ciência para o esclarecimento dos conceitos científicos. O estudo foi realizado na Universidade do Estado da Bahia, situada na cidade de Salvador, tendo como sujeitos da pesquisa discentes do curso de Licenciatura em Química. Para a coleta dos dados, foram utilizados um questionário aberto e uma entrevista semiestruturada, onde atuamos como observadora participante. A análise do processo como um todo revelou que o conceito de substância aparece em diferentes momentos da graduação, embora as abordagens nos componentes curriculares não explicitem claramente o seu significado. A ausência de discussão e de exercícios que possibilitem o emprego do conceito não favoreceu a aprendizagem dos estudantes, conduzindo a critérios conceituais impróprios e obscuros; dificuldades na aplicação de critérios para classificação de um objeto como substância; sistema conceitual restrito, com relações conceituais pouco claras; conceituação espontânea. As dificuldades dos estudantes em conceituar substância quimicamente e justificar o seu uso apontam a necessidade de uma abordagem de ensino que favoreça a compreensão de seu real significado.

Palavras-chaves: Conceito de Substância, Ensino de Química, Aprendizagem, Psicologia Histórico-Cultural.

DOTTO BELLAS, Renata Rosa. **Concepts of substance attributed by chemistry students: a historical-cultural analysis**, 180 fl. 2018. Thesis (Doctorate) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

ABSTRACT

The conception that, in contemporary society, human development requires the mastery of scientific knowledge, demands a reflection on what contents are necessary for a coherent formation for this purpose and on the role of the school and the university in the development of the consciousness through the socialization of classical knowledge / scientific concepts. The concept of substance has a fundamental role in chemistry, since it refers to the composition of materials, which is a structuring idea of chemical thought. However, researches in the area of Chemistry Teaching point to a series of problems associated with the teaching and learning of this concept. The present work is part of the qualitative research line whose objective is to understand how undergraduate students conceptualize chemical substance and use this concept in solving chemical problems. We understand that knowledge about the nature of the concept may contribute to the construction of the chemical meaning of substance. In this sense, to discuss the nature of the concept, we present in our theoretical reference the contributions of Vigotski from Historical-Cultural Psychology, the philosophical contributions by Hardy-Vallée and the contributions of the History of Science to the clarification of scientific concepts. The study was carried out at the State University of Bahia, located in the city of Salvador, with undergraduate students studying chemistry as research subjects. To collect the data, an open questionnaire and a semi-structured interview were used, where we act as participant observer. The analysis of the whole process revealed that the concept of substance appears at different moments of graduation, although the approaches in the curricular components do not clearly explain its meaning. The absence of discussion and exercises that make possible the use of the concept did not favor students' learning, leading to inappropriate and obscure conceptual criteria; difficulties in applying criteria for classification of an object as substance; restricted conceptual system, with unclear conceptual relationships; spontaneous conceptualization. The difficulties of students to conceptualize substance chemically and justify its use point to the need for a teaching approach that favors the understanding of its real meaning.

Keywords: Concept of Substance, Teaching of Chemistry, Learning, Historical-Cultural Psychology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação de uma proposição conceitual	40
Figura 2 – Mapas conceituais sobre energia: 2A (à esquerda) - feito pelo estudante; 2B (à direita) - interpretado pelo professor	43
Figura 3 – Mapa conceitual sobre energia, incluindo conceitos científicos e espontâneos	44
Figura 4 – Um mapa conceitual para o conceito químico de substância	66
Figura 5 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Bia	93
Figura 6 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Pamela	101
Figura 7 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pelo estudante Fábio	109
Figura 8 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pelo estudante Sérgio	119
Figura 9 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Bruna	127
Figura 10 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Jamile	135
Figura 11 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Taís	145
Figura 12 – Um mapa conceitual para o conceito químico de substância	158
Quadro 1 – Características dos atos de examinar e avaliar	35
Quadro 2 – Características acerca do conceito de substância química	66
Quadro 3 – Concepções dos docentes acerca do conceito de substância	72
Quadro 4 – Objetivos das questões que compuseram o questionário destinado aos discentes	78
Quadro 5 – Roteiro destinado às entrevistas com os estudantes	79

Quadro 6 – Processos de segmentação e codificação na análise das respostas à Questão 2	83
Quadro 7 – Unidades de significado, codificação e categorias oriundos da análise das respostas à Questão 2	84
Quadro 8 – Critérios para a análise do questionário destinado aos discentes	85
Quadro 9 – Abordagem do conceito de substância no curso de licenciatura em química segundo os estudantes	152
Quadro 10 – Unidades de significados e categorias obtidas a partir da conceituação de substância pelos estudantes	153
Quadro 11 – Critérios de conceituação e classificação apresentados pelos discentes para o conceito de substância	155
Quadro 12 – Categorias que expressam os conceitos que os estudantes relacionam ao de substância química	156
Quadro 13 – Proposições conceituais extraídas dos mapas de Bruna, Fábio, Jane, Pamela e Taís	157

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Análise de Conteúdo
DI	Questão destinada aos discentes
DO	Questão destinada aos docentes
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
MC	Mapa Conceitual
NDR	Nível de Desenvolvimento Real
QG1	Química Geral I
SQU	Semana de Química da UNEB
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UNEB	Universidade do Estado da Bahia
ZDI	Zona de Desenvolvimento Iminente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAIS TEÓRICOS	20
2.1 SOBRE A NATUREZA DOS CONCEITOS	20
2.1.1 A Psicologia Histórico-Cultural: contribuições de Vigotski	20
2.1.1.1 O processo de formação psicológica de conceitos	24
2.1.1.2 Conceitos espontâneos x conceitos científicos	27
2.1.1.3 A tomada de consciência e a relação das funções psicológicas	30
2.1.1.4 Ensino, aprendizagem, desenvolvimento e avaliação	33
2.1.1.5 Organização conceitual: mapas conceituais na perspectiva da Psicologia Histórico-Cultural	39
2.1.2 O conceito de conceito: contribuições filosóficas por Hardy-Vallée	45
2.1.3 Contribuições da História e Filosofia da Ciência para o esclarecimento dos conceitos científicos	51
2.2 O CONCEITO QUÍMICO DE SUBSTÂNCIA	54
2.2.1 Discussão histórico-cultural acerca do conceito de substância	62
3. DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS	67
3.1 O contexto e os sujeitos da pesquisa	67
3.1.1 Concepções dos docentes e formas de abordagem quanto ao conceito químico de substância	70
3.2 Coleta de dados	76
3.3 Análise dos dados	81
3.3.1 Categorias e critérios de análise	85
4. ANÁLISE DOS DADOS	88
4.1 CONCEITOS DE SUBSTÂNCIA ATRIBUÍDOS PELOS LICENCIANDOS EM QUÍMICA	90
4.1.1 O conceito de substância segundo Bia	90
4.1.2 O conceito de substância segundo Pamela	99
4.1.3 O conceito de substância segundo Fábio	107

4.1.4 O conceito de substância segundo Sérgio	115
4.1.5 O conceito de substância segundo Bruna	124
4.1.6 O conceito de substância segundo Jane	133
4.1.7 O conceito de substância segundo Taís	141
4.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS ALCANÇADOS	151
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	161
REFERÊNCIAS	164
APÊNDICES	168
ANEXO	17

1. INTRODUÇÃO

Entre diversas funções atribuídas ao sistema educacional, é comum, ainda nos dias atuais, pensarem a educação como um instrumento de preparação para o trabalho, uma vez que, no modo de produção capitalista não se concebe o indivíduo como ser humano integral, mas apenas enquanto força de trabalho. Ao considerar que a escola possui o papel fundamental de fazer com que as novas gerações se apropriem do saber erudito, conhecimentos clássicos produzidos pela humanidade, é preciso refletir sobre que concepção de trabalho se associa ao processo de humanização.

Na perspectiva do materialismo histórico-dialético proposto por Marx, o trabalho aparece como atividade fundante do ser social por conter elementos que fazem dele a mediação responsável pelo salto ontológico do ser natural para o ser social. Vale salientar, que esta concepção se remete ao trabalho associado, aquele criador de valores-de-uso, que visa favorecer o atendimento das necessidades humanas, ao contrário do trabalho que cria valores-de-troca objetivando a reprodução do capital (TONET, 2007).

A complexidade resultante do próprio trabalho fez com que a reprodução do ser social exigisse o surgimento de esferas de atividades com especificidades próprias, dentre estas, a educação, apresentada como um dos complexos dentro de uma totalidade maior, a realidade social (TONET, 2007). Neste sentido, é possível afirmar que a transformação da sociedade não vem da escola, apesar da educação ser um instrumento que prepara o indivíduo para atuar no meio social, ou seja, se a sociedade é um complexo de complexos, não temos como transformá-la exclusivamente pela via educacional. Longe de compreender a educação como determinante principal das transformações sociais, Saviani (2006) a identifica como elemento secundário e determinado, embora reconheça a função social da escola e sua contribuição para tais transformações.

Se nos remetermos à origem das diferentes teorias educacionais, perceberemos que a relação entre educação e sociedade não foi concebida de forma trivial. Em meados da década de 80, foi proposta pelo filósofo Dermeval Saviani, uma teoria da educação de base revolucionária denominada Pedagogia Histórico-Crítica. Ao contrário das *teorias não críticas* (desconsideram a influência da sociedade na educação e encarando-a como autônoma, buscam compreendê-la a partir dela mesma) e das *teorias crítico-reprodutivistas* (reconhecem a influência da sociedade no sistema educacional, mas compreendem a escola como instituição mantenedora do status quo vigente), a *Pedagogia Histórico-Crítica* considera tanto

a influência social sobre a escola, como a influência da escola sobre a sociedade (SAVIANI, 2006). Nesta perspectiva, a escola é concebida como um complexo capaz de potencializar a transformação social ao instrumentalizar os filhos da classe trabalhadora por meio da transmissão de um saber sistematizado, um legado histórico-cultural produzido pela humanidade. É neste sentido que o trabalho educativo se configura como um ato de produzir, intencionalmente, a humanidade histórica e de contribuir para a libertação da classe oprimida.

Ao referirmo-nos ao termo libertação/liberdade da classe oprimida, é necessário distinguir as categorias da cidadania e da emancipação humana, uma vez que tem sido recorrente, como sinônimo de liberdade, a adoção das expressões “educar para cidadania”, “educação cidadã”, “formar cidadão crítico/reflexivo”, entre outras. No texto intitulado *Educar para a cidadania ou para a liberdade?*, Tonet (2005) explicita a diferença entre cidadania (emancipação política) e emancipação humana, onde a primeira é apresentada como uma forma de liberdade essencialmente limitada, porque está ligada, indissolúvelmente, à sociabilidade fundada no capital, e a segunda como uma forma de liberdade ilimitada, que abre a perspectiva de autoconstrução integral para o gênero humano.

Integral, porque não é apenas uma parte dos homens que é livre, nem a totalidade dos homens que é livre apenas em parte, mas porque todos os homens estão situados no interior do patamar humano mais livre possível. Ilimitada, porque faz parte de uma forma de sociabilidade indefinidamente aperfeiçoável; porque não traz em si obstáculos insuperáveis. Deste modo, por liberdade plena não entendemos liberdade absoluta, perfeita, definitivamente acabada, o que seria contraditório com a própria definição do ser social como um processo interminável de autoconstrução; muito menos a liberdade irrestrita do indivíduo visto como eixo da sociedade. Se por liberdade entendemos essencialmente autodeterminação, então liberdade plena significa aquela forma de liberdade – o grau máximo de liberdade possível para o homem – que o indivíduo tem como integrante de uma comunidade real, cujo fundamento é necessariamente o trabalho associado (TONET, 2005, p. 476-477).

Ao defender a emancipação humana como uma forma de sociabilidade fundada no trabalho associado, Tonet (2005) enfatiza que há uma relação harmônica, embora não isenta de tensões, entre o indivíduo e a comunidade, de modo que, são dadas possibilidades para uma realização ampla das potencialidades humanas para todos os indivíduos.

Introduzimos brevemente as concepções de trabalho, humanidade e educação, fundamentadas no materialismo histórico-dialético, por este ser o pressuposto filosófico adotado por Vigotski¹, autor que inspirou boa parte do nosso referencial teórico. Para ele, o

¹As diferentes transliterações da grafia cirílica original no nome do autor bielo-russo, *Выготский*, geraram diversas grafias, como Vigotski, Vigotsky e Vygotsky. Como observado, optamos por Vigotski ao longo do texto.

desenvolvimento humano se dá por meio da apropriação de um legado histórico e cultural, partindo da premissa de que o homem constitui-se como tal através de suas interações sociais, e neste sentido, a escola tem a função social de favorecer a internalização dos conceitos científicos e o desenvolvimento da consciência humana.

A Psicologia Histórico-Cultural, fundada por Vigotski, nos faz repensar o papel da escola, do professor, os conteúdos necessários para a formação dos estudantes, as formas de abordagem, quem é o aprendiz, como este se desenvolve e a relação entre a aprendizagem e o desenvolvimento intelectual. Essas e outras reflexões apontam para a complexidade do ato educativo e a necessidade de se buscar fundamentos pedagógicos e psicológicos para dar conta dos processos de ensino e de aprendizagem.

Ao sofrer influência do modo de produção vigente, sabemos que as escolas acabam favorecendo a reprodução do capital e os ideais da classe dominante, e neste sentido, o seu suposto sucesso – fracasso, a nosso ver – constitui-se em manter o *status quo* da sociedade burguesa. Parece óbvio que devêssemos esperar que numa “pátria educadora” a escola fosse uma instituição valorizada e de prestígio social, local ideal para a assimilação de um saber sistematizado. Só que não! Tratando-se do sistema público de ensino, particularmente, o sistema político não valoriza um complexo que não traz lucro, que não gera mais valia, que não gera valor de troca.

Atualmente tem-se discutido no Brasil a reforma do Ensino Médio e neste contexto, podemos perceber, mais uma vez, que as novas propostas buscam preparar o estudante para o mercado de trabalho. Reconhecemos a ineficácia do sistema educacional brasileiro, em especial, do Ensino Médio (conforme dados do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica - IDEB) e concordamos com a necessidade urgente de uma reformulação. Entretanto, pensamos que se a escola cumprisse a sua função social ao garantir a socialização dos saberes sistemáticos, a apropriação do conhecimento como um legado cultural e o desenvolvimento da humanidade, ela possibilitaria uma formação que prepararia o indivíduo para a vida, e consequentemente, para o trabalho.

Uma das propostas da reforma do Ensino Médio é a flexibilização da grade curricular. Nesta perspectiva, o novo modelo de ensino visa permitir que o estudante escolha a área de conhecimento para aprofundar seus estudos. Neste sentido, algumas questões nos chamam a atenção quanto às propostas desta reforma:

- 1) Até que ponto os estudantes da escola básica têm conhecimentos necessários para escolher, no *início* do ensino médio, qual profissão deverá seguir, considerando que uma das causas da evasão nos cursos universitários é falta de identificação com o curso escolhido, e

isso os estudantes só vivenciam ao ingressar no nível superior? Tivemos uma aluna que desistiu do curso de Química depois de frequentar alguns semestres e optou por jornalismo. Caso tivesse cursado apenas disciplinas da área de exatas no ensino médio (supondo que tenha passado pelo novo modelo proposto), não teria subsídio das disciplinas de humanas para enfrentar um novo processo seletivo. Neste caso, qual seria a solução? Voltar para o ensino médio para cursar disciplinas da área relacionada com a sua nova escolha profissional? Diante desta impossibilidade, percebemos os prejuízos que a reforma poderá trazer para a formação dos estudantes.

2) Se forem obrigatórias apenas as disciplinas de Português e Matemática e os estudantes puderem cursar as demais disciplinas por área, a depender da escolha do curso técnico, que profissionais iremos formar?

Embora o nosso modo de pensar apareça implicitamente nas perguntas que fazemos de forma crítica, não pretendemos dar respostas às questões acima, as trazemos aqui para que tenhamos consciência de que esta flexibilidade do currículo poderá trazer implicações para os cursos de formação de professores e nós, formadores, precisamos refletir sobre estas inquietações. Preocupamo-nos ao pensar que disciplinas tão importantes para a formação humana passarão a ser *optativas*. Se os estudantes costumam apresentar dificuldades na assimilação dos conteúdos de Química e de Física, pensamos que a possibilidade desta escolha os afastará ainda mais do conhecimento científico, cuja aprendizagem é indispensável para o desenvolvimento humano.

Imersos neste contexto contraditório, cujo lema é melhorar a qualidade do ensino e o que percebemos é a desqualificação da escola no que tange a sua função social – que está para além da preparação do estudante para o mercado de trabalho – continuaremos lutando por um Ensino de Química de qualidade. Neste sentido, ressalvamos que para atingir tal finalidade, é indispensável contemplar no currículo os conceitos químicos estruturantes.

A concepção de que, na sociedade contemporânea, o desenvolvimento humano requer o domínio de conhecimentos científicos (CIÊNCIAS..., 2006), demanda uma reflexão sobre quais conteúdos são necessários para uma formação coerente com esta finalidade; e qual o papel da escola no desenvolvimento da consciência humana por meio da socialização dos conceitos científicos, compreendidos como um conjunto de saberes clássicos.

A Química possibilita a compreensão dos materiais que nos rodeiam e o conceito de composição química é, como mostra a História da Química, um dos eixos de sistematização do pensamento químico. Com o desenvolvimento da noção de composição química surgiram conceitos como os de substância e mistura, átomos, moléculas e íons, a noção de níveis de

complexidade, entre outros de menor generalidade (SILVA et al., 2007). A composição é uma ideia estruturadora do pensamento químico. Por ideias estruturadoras entendem-se “aquelas que potencializam nosso pensamento e nossa capacidade de relacionar, sintetizar, propor explicações a partir daquilo que já se conhece” (LIMA; BARBOZA, 2005, p.40).

Ao examinar propostas de ensino de química/ciências para a educação básica que tratavam a composição/constituição dos materiais como um conceito fundamental, Silva e seus colaboradores (2007) perceberam que a constituição da matéria associava-se aos modelos microscópicos: modelos cinético-corpúsculares para gases, líquidos e sólidos, modelos atômicos e modelos de ligações químicas. De acordo com estes autores, a menor ênfase dada aos conceitos de mistura e substância química é um ponto questionável, porque é na análise deste par de conceitos que se pode discutir melhor a ideia de pureza (e impureza) material, importante na compreensão do mundo moderno. Além disso, como veremos, a discussão do conceito de substância possibilita ampliar a noção de modelo químico para o plano macroscópico (SILVA et al., 2007).

O conceito de substância tem um papel fundamental na química, já que este se refere à composição dos materiais. Entretanto, diversos problemas relacionados ao ensino e à aprendizagem deste conceito, associados às definições simplistas oriundas dos livros didáticos dificultam a compreensão de sua complexidade (TAVARES; ROGADO, 2005; DOTTO, 2012). Sobre a importância do conceito de substância química para o ensino de ciências, concordamos com Johnson (2000, p. 735, grifo nosso) ao afirmar que

A ideia de uma substância é tão fundamental para a química que, como educadores, nos devemos perguntar se reconhecemos isto como uma ideia que precisa ser ensinada. **Nós não podemos simplesmente detalhar propriedades como se o conceito de substância estivesse subentendido.** Ao contrário, nós necessitamos mudar a direção e focalizar na ideia de **como propriedades são usadas para definir o que uma substância é.** Sem isso, as crianças não serão capazes sequer de reconhecer uma transformação química.

Além de destacar a importância do conceito de substância para a Química e para o Ensino de Química, na citação acima, é possível perceber que o autor chama atenção para o fato de que não se devem trabalhar as propriedades como se o conceito químico de substância estivesse subentendido. Entretanto, na prática, sabemos que boa parte dos conteúdos de Química relacionados ao conceito de substância é abordada sem uma preocupação com a explicitação de seu significado, o que pode dificultar a compreensão do seu sistema conceitual.

Devido à relevância do conceito de substância para o Ensino de Química e à

complexidade inerente ao seu significado, temos nos debruçado há alguns anos no estudo deste conceito. O transcurso iniciou-se na graduação com uma análise do conceito de substância na literatura e em livros didáticos de Química destinados ao ensino médio, o que resultou em trabalho de conclusão de curso (TCC). Dando continuidade à investigação, criamos uma sequência didática – fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa – para o ensino e a aprendizagem do conceito de substância que foi aplicada e avaliada durante o mestrado em um colégio estadual da cidade de Salvador. Vale destacar que um dos motivos que influenciou a continuidade do estudo foram as reflexões e discussões surgidas ao contemplarmos o conceito em disciplinas do curso de Química, quando éramos convidados para tratar da temática numa instituição pública de educação superior. Era possível perceber a dificuldade que os futuros professores de Química apresentavam na tentativa de explicitar o significado de substância. A partir desta inquietação, visamos compreender como o conceito de substância tem sido abordado no ensino superior e o que os licenciandos do curso de Química entendem por substância química.

Em vista do exposto, o presente trabalho se insere na linha de investigação qualitativa cujo *objetivo* é **compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos**. O problema /objetivo da pesquisa poderá ser esclarecido por meio das seguintes questões específicas:

1. Qual o conceito apresentado pelos estudantes quanto ao termo substância química?
2. Qual o sistema conceitual apresentado pelos estudantes para o conceito de substância química?
3. Como os estudantes utilizam o conceito químico de substância em diferentes situações-problema?

A primeira questão específica nos auxiliará a compreender o significado de substância química apresentado pelos estudantes. A segunda questão nos permitirá compreender o conceito a partir do sistema conceitual apresentado pelos discentes, enquanto a última questão nos possibilitará avaliar o uso do conceito na resolução de problemas químicos. A partir destas questões, analisaremos se o uso do conceito pelos estudantes se dá de forma consciente.

Considerando a influência da linguagem e das relações sociais no processo de construção de significados (VIGOTSKI, 2009), para compreender os processos mentais humanos é preciso considerar onde e quando eles foram desenvolvidos (WERTSCH, 1985). Sabemos que diversos contextos e fatores podem influenciar o processo de formação de conceitos e isso pode levar a uma investigação desde a educação infantil ao nível de ensino

superior, à análise dos materiais didáticos adotados bem como das influências do senso comum. Como a nossa inquietação surgiu a partir da dificuldade de licenciandos do curso de Química para explicitar o conceito de substância, decidimos realizar a pesquisa no Ensino Superior e escolhemos como contexto o curso de Licenciatura em Química da Universidade do Estado da Bahia, tendo como sujeitos da pesquisa estudantes do último semestre da graduação.

Diante das diversas influências do ambiente acadêmico na formação conceitual dos estudantes, optamos por fazer um recorte e analisar uma parte deste contexto: procuramos compreender a concepção dos docentes quanto ao conceito em estudo e as diversas formas de abordagem, uma vez que o modo como o conceito aparece ao longo do curso influenciará na construção de seu significado por parte dos estudantes, ou seja, ao conhecermos uma parte do contexto em que ocorreu a formação do conceito poderemos inferir sobre a natureza dos significados apresentados.

A fim de favorecer a compreensão do leitor quanto à trajetória adotada em nossa investigação, além da introdução (capítulo 1), apresentaremos esta tese em mais quatro capítulos.

No capítulo 2, abordaremos os fundamentos teóricos da pesquisa. Na primeira seção, dissertamos *sobre a natureza dos conceitos*, levando em consideração seus aspectos psicológicos, filosóficos e históricos. O processo de formação psicológica dos conceitos será tratado a partir da Psicologia Histórico-Cultural, enquanto os aspectos filosóficos serão brevemente discutidos a partir das contribuições de Hardy-Vallée. Abordaremos também as contribuições da História da Ciência para o esclarecimento dos significados/conceitos científicos.

A segunda seção do capítulo 2 refere-se ao conceito químico de substância – a partir dos aspectos conceituais abordados na seção anterior – e à discussão histórico-cultural acerca deste conceito. Devido aos problemas no ensino e na aprendizagem do conceito de substância e à sua importância para o ensino de Química, esperamos que o texto desenvolvido neste capítulo contribua para a reflexão e compreensão acerca do conceito em estudo.

O capítulo 3 corresponde aos delineamentos metodológicos que direcionaram o trabalho na tentativa de obtermos respostas às questões da pesquisa. Neste capítulo, apresentaremos o contexto da pesquisa, os sujeitos participantes e como os dados serão coletados e analisados.

No capítulo 4, através da descrição e interpretação dos dados obtidos, apresentaremos os resultados alcançados ao longo do processo. Na primeira seção deste capítulo analisaremos

a participação dos estudantes individualmente, a fim de compreender o significado de substância química possuído pelos sujeitos da pesquisa e a natureza do sistema conceitual explicitado. Na segunda seção, apresentaremos uma síntese que nos possibilitará um olhar integral acerca dos resultados alcançados.

No capítulo 5, que se refere às considerações finais, traremos aspectos conclusivos desse trabalho e a partir dos resultados alcançados, apontaremos possíveis encaminhamentos de soluções para os problemas detectados.

Estes são os pilares sobre os quais a pesquisa foi desenvolvida a fim de atingir o objetivo proposto.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Para *compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos*, trazemos em nosso referencial teórico uma discussão *sobre a natureza dos conceitos* (seção 2.1) levando em consideração seus aspectos: psicológicos, filosóficos e históricos. Abordaremos o processo de formação psicológica dos conceitos a partir da Psicologia Histórico-Cultural, uma vez que as ideias de Vigotski nos auxiliarão na compreensão dos significados apresentados pelos estudantes. Os aspectos filosóficos serão discutidos a partir das contribuições de Hardy-Vallée. Quanto à produção do conhecimento científico, apontaremos o papel da História da Ciência e da Filosofia da Ciência para o esclarecimento dos conceitos científicos. Entendemos que o conhecimento acerca da natureza da ciência e do modo como os conceitos científicos surgem e se estruturam, poderá contribuir na compreensão da construção dos seus significados.

Também trazemos em nosso referencial teórico (seção 2.2) uma discussão sobre o conceito químico de substância, que a nosso ver, é uma das contribuições de nosso trabalho. Neste sentido, justificamos a nossa escolha por contemplar os aspectos psicológicos, filosóficos e históricos quanto à natureza dos conceitos, pois, além de possibilitar a construção deste referencial, nos deram embasamento para o levantamento e a análise dos dados.

2.1 SOBRE A NATUREZA DOS CONCEITOS

2.1.1 A Psicologia Histórico-Cultural: contribuições de Vigotski

Lev Semyonovitch Vigotski nasceu em 1896, na cidade de Orsha, na Bielo-Rússia. Membro de uma família de origem judaica, vivia em um ambiente desafiador em termos intelectuais e que propiciava aspecto econômico favorável ao desenvolvimento de seus estudos. Conviveu com seus pais e sete irmãos por um longo período em Gomel, casando-se aos 28 anos com Rosa Smekhova, com quem teve duas filhas. Vítima de tuberculose, de forma precoce, faleceu em 1934 aos 38 anos de idade (VIGOTSKI, 2009; PRESTES, 2012; REGO, 1995).

Apesar de uma vida relativamente curta, suas obras, que possuem densidade e relevância enormes para diversas áreas do conhecimento (devido à pluralidade de temas sobre os quais Vigotski se debruçou), nos deixaram grandes contribuições para o entendimento da gênese e do desenvolvimento do processo psíquico humano, o que faz de sua produção

intelectual uma das principais referências adotadas no campo da psicologia e da pedagogia.

Entre 1914 e 1917, dedicou-se ao estudo de direito e literatura na Universidade de Moscou e costumava frequentar os cursos de História e Filosofia na Universidade Popular de Shanyavskii. Seu grande interesse em compreender o desenvolvimento psíquico do ser humano e as deficiências físicas e mentais o levou a fazer o curso de medicina (REGO, 1995).

Entre 1917 e 1923, Vigotski lecionou literatura e psicologia numa escola em Gomel, fundou a revista literária *Verask* e publicou sua primeira pesquisa em literatura, intitulada *A Psicologia da Arte*.

O ano de 1924 foi um divisor de águas em sua carreira devido a sua participação no II Congresso de Psicologia em Leningrado. Ao propor ideias inovadoras acerca da estrutura psicológica humana, Vigotski deu um grande passo para a consolidação de suas investigações no campo da psicologia, o que lhe conferiu o convite para trabalhar no Instituto de Moscou, onde junto a Leontiev e Luria formou o grupo de trabalho conhecido como Troika, que objetivava compreender os processos psicológicos humanos de forma mais abrangente, em sua totalidade (LURIA, 2012; REGO 1995; VIGOTSKI, 1991).

Preocupado em compreender o funcionamento do psiquismo, estudou os processos de transformação do desenvolvimento humano levando em consideração as dimensões do indivíduo (ontogênese), da espécie (filogênese) e os aspectos histórico-sociais. Cabe destacar que Vigotski não almejava elaborar uma teoria do desenvolvimento infantil, justificava o estudo desta etapa de desenvolvimento por reconhecê-la como a pré-história do desenvolvimento cultural. Ao dedicar-se ao estudo da aprendizagem e do desenvolvimento infantil, contribuiu para o avanço da pedologia, que consiste no estudo da infância baseado nos aspectos biológicos, psicológicos e antropológicos (REGO, 1995).

Se analisarmos o contexto social, político e econômico no qual Vigotski estava inserido entenderemos o pressuposto epistemológico e filosófico adotado por este autor. Por fazer parte de um período pós-revolucionário na União Soviética, vivenciou um momento em que a ciência era extremamente valorizada devido à expectativa de que esta área do conhecimento fornecesse soluções para os problemas sociais e econômicos do povo soviético (VIGOTSKI, 1991; REGO, 1995). Este contexto fomentou o investimento de Vigotski em produzir trabalhos que contribuíssem para a prática educacional (redução do analfabetismo), sobretudo para o ensino de deficientes físicos e mentais.

Mergulhado em um contexto marcado por profundas transformações e uma crise no campo da psicologia, Vigotski e seus colaboradores pretendiam fundar uma nova psicologia que constituísse uma teoria marxista do funcionamento humano, originando assim, a

Psicologia Histórico-Cultural, cujos pressupostos filosóficos, epistemológicos e metodológicos fundamentam-se no materialismo histórico-dialético de Marx e Engels.

Com a promoção de Stalin ao poder, a adesão dos pressupostos marxistas passou a ser um critério de avaliação das produções científicas. Psicólogos soviéticos costumavam citar os clássicos do marxismo buscando construir uma psicologia marxista em meio à crise das escolas existentes. Esta prática foi extremamente reprovada por Vigotski, que ao propor algo inovador, também foi alvo de duras críticas, particularmente nas décadas de 20 e 30.

As obras de Vigotski foram censuradas e por não explicitarem diretamente as categorias do marxismo (luta de classes, mais-valia, propriedade privada...), uma vez que o autor buscava neste referencial encontrar categorias que possibilitassem a compreensão do psiquismo, sua produção foi considerada antimarxista. Diante deste cenário em que predominava a ditadura stalinista, seus escritos foram retirados de circulação (REGO, 1995; FACCI, 2004).

Depois de quase três décadas após a morte de Vigotski, em 1962, chega ao ocidente a obra intitulada *Thought and Language*, ganhando destaque na psicologia americana. No Brasil, em 1987 esta obra passou a ser difundida com o título *Pensamento e Linguagem*. Vale destacar, que as obras disponibilizadas passaram por um processo de tradução que ocasionou algumas distorções nas ideias originais do psicólogo russo. Hoje, é possível encontrarmos traduções diretas do russo que nos permitem conhecer as ideias de Vigotski de forma fidedigna, como os trabalhos da tradutora Zoia Prestes e algumas obras publicadas pela Martins Fontes, como *A construção do pensamento e da linguagem*.

Inspirado em pressupostos do materialismo histórico-dialético, Vigotski considerava o desenvolvimento humano como um processo de apropriação de um legado histórico e cultural, partindo da premissa de que o homem constitui-se como tal através de suas interações sociais. Embora reconheça a influência do aspecto biológico no desenvolvimento do indivíduo, para ele, o homem se forma e se transforma através das relações sócio-históricas. Desta maneira, afirma que as características humanas não estão presentes desde o nascimento do indivíduo, elas são oriundas da interação dialética do homem e seu meio sociocultural e, neste processo, ao transformar a natureza para atender às suas necessidades básicas, o homem transforma a si mesmo (VIGOTSKI, 1991; REGO, 1995).

No que tange ao processo de humanização, é possível distinguir duas linhas de desenvolvimento do comportamento humano: *as funções psicológicas elementares* (de origem biológica) e *as funções psicológicas superiores* (de origem sociocultural). Vale destacar, que as funções psicológicas superiores desenvolvem-se na medida em que, através da interação

com o outro e o mundo, processos psicológicos mais complexos começam a se formar. Para Vigotski (1991, p. 52), “a história do comportamento da criança nasce do entrelaçamento dessas duas linhas”. Isto significa que *em paralelo ao desenvolvimento biológico, tem-se o desenvolvimento cultural, ou seja, embora as funções psicológicas elementares (FPE) e as funções psicológicas superiores (FPS) apresentem características diferentes, elas fazem parte de um mesmo sistema, que compõe a unidade funcional do psiquismo*. De fato, as funções psicológicas elementares ocorrem durante toda a vida do sujeito e vão se transformando e se desenvolvendo em funções psicológicas superiores.

Sobre a diferença entre as funções psicológicas elementares e as funções psicológicas superiores, Vigotski (1991, pg. 44, grifo nosso) sinaliza que

As funções elementares têm como característica fundamental o fato de serem total e diretamente determinadas pela **estimulação ambiental**. No caso das funções superiores, a característica essencial é a **estimulação autogerada**, isto é, a criação e usos de **estímulos artificiais** que se tornam a causa imediata do comportamento.

Compreender como se dá a mediação do homem com os objetos e com outros indivíduos é fundamental para entender como se desenvolvem as funções tipicamente humanas. Neste sentido, os **estímulos artificiais** aos quais Vigotski referiu-se acima, tratam-se dos **sistemas de signos**, como a linguagem oral, a escrita, o sistema numérico, entre outros. Corroborando seu pressuposto filosófico, Vigotski entendia que assim como os instrumentos de trabalho criados pela humanidade mudam a forma social e o desenvolvimento cultural por meio de suas ações sobre os objetos, a internalização dos signos propicia mudanças no comportamento humano por suas ações sobre o psiquismo (VIGOTSKI, 1991, 2009; REGO, 1995).

Apesar da comparação entre o uso de instrumentos e o uso de signos, não se pode esperar de antemão que encontremos nos signos todos os traços dos instrumentos de trabalho (VIGOTSKI, 1991). No que diz respeito à semelhança, instrumentos e signos apresentam-se como ferramentas de mediação; o primeiro medeia a relação do homem com a natureza, enquanto o segundo possibilita a mediação entre indivíduos, por meio da linguagem. Quanto à diferença, destaca-se a maneira como orientam o comportamento humano; instrumentos de trabalho possibilitam ao homem manipular e modificar os objetos (influência externa), enquanto o uso de signos possibilita o controle comportamental do indivíduo (atividade interna). Apesar de suas especificidades, instrumentos e signos possuem um vínculo que perpassa por uma questão ontológica, pois ao interferir e modificar a natureza, o homem também se modifica. Desta forma, o controle sobre a natureza e o controle do comportamento

humano são processos intimamente ligados (VYGOTSKI, 1991; 1996).

Ao trabalhar com o método instrumental, que se caracteriza como meio de investigar o comportamento humano e seu desenvolvimento por meio dos instrumentos psicológicos, Vigotski (1996) enfatizou o papel dos signos no processo de desenvolvimento das funções psíquicas superiores, afirmando que

o domínio de um instrumento psicológico e, por seu intermédio, da correspondente função psíquica natural, eleva esta última a um nível superior, aumenta e amplia sua atividade e recria sua estrutura e seu mecanismo (VIGOTSKI, 1996, p.100).

É neste sentido, conforme salientamos anteriormente, que as funções elementares e superiores se desenvolvem concomitantemente.

Os sistemas simbólicos, especialmente a linguagem, constituem-se em elementos mediadores que permitem: a comunicação entre os indivíduos; o estabelecimento de significados compartilhados por determinado grupo cultural; a percepção e interpretação dos objetos. Para Vigotski, os processos de funcionamento mental do homem são fornecidos pela cultura, através da mediação simbólica (REGO, 1995). Sobre a influência da cultura e das interações sociais como fator fulcral para o desenvolvimento da humanidade, Vigotski (1991, p.33) salienta que

o caminho do objeto até a criança e desta até o objeto passa através de outra pessoa. Essa estrutura humana complexa é o produto de um processo de desenvolvimento profundamente enraizado nas ligações entre história individual e história cultural.

Ao dedicar-se ao estudo das funções psicológicas superiores (atenção voluntária, a memória voluntária, a imaginação, a linguagem, o pensamento, etc.), traço tipicamente humano, Vigotski caracterizou-as como processos mediatos por empregarem signos na orientação e domínio dos processos psíquicos. “No processo de formação de conceitos, esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação do conceito e, posteriormente, torna-se seu símbolo” (VIGOTSKI, 2009). Em outros termos, à medida que se constrói um conceito correspondente a uma palavra, ela se tornará o seu símbolo, ou seja, um termo que se utiliza para expressar um significado.

2.1.1.1 O processo de formação psicológica de conceitos

De acordo com a Teoria Histórico-Cultural (VIGOTSKI, 2009; LURIA, 1979), um conceito constitui-se em um vínculo entre uma expressão e um significado, que se aplica a uma classe de experiências, mesmo na ausência de um exemplar, ou seja, um conceito é uma

generalização que envolve alto nível de abstração em relação à experiência. É por meio de conceitos que conseguimos nos comunicar, assimilar, compreender e solucionar problemas. Para Vigotski (2009), a criança só toma consciência do conceito quando é capaz de generalizar. A generalização é caracterizada pela passagem de formas psíquicas simples para níveis mais elevados de abstração.

O processo de formação de conceitos segue um percurso em três estágios (VIGOTSKI, 2009). O primeiro estágio é denominado *pensamento sincrético*, quando a criança produz relações de natureza subjetiva entre realidade e pensamento e, portanto, obscuras para os outros. Neste estágio de desenvolvimento, a criança tende a associar elementos diversos e desconexos formando uma imagem mista, confusa. Por exemplo, se entregarmos um jogo de encaixe para crianças de 1-2 anos a fim de que as peças sejam encaixadas de acordo com o seu formato, provavelmente as crianças tentarão encaixá-las em qualquer orifício que couber o objeto, pois as relações de forma entre as peças do jogo não são objetivas. No estágio de pensamento sincrético o indivíduo apresenta *dificuldades em formar classes a partir de vínculos entre os objetos*. A relação entre linguagem e pensamento também não é claramente compreensível, embora possibilite a interação social.

Quando a criança consegue estabelecer relações de generalização com base em características objetivas de algum aspecto da realidade, atinge o estágio de *pensamento por complexos*. Ao contrário do pensamento sincrético, o pensamento por complexo apresenta alguma objetividade e coerência. Neste estágio, os aspectos da realidade adquirem certa homogeneidade com base *em vínculos que o indivíduo percebe e nos faz perceber*. Entretanto, tais vínculos são de natureza concreto-factual, sem forte unidade entre si, sem hierarquia, sem clara distinção entre o geral e o particular. Em suma: objetos são percebidos com características semelhantes, mas, sem sistematicidade (BELLAS; GONZALEZ; SILVA, 2015). Por exemplo, crianças de 1-2 anos denominam outras crianças de neném e não utilizam esta denominação para se referirem aos adultos; por outro lado, não distinguem bebês, crianças pequenas e maiores: todas são nenéns. Neste estágio, o indivíduo já consegue formar classes: os complexos!

Os vínculos *entre os elementos que formam complexos* podem ser diversos. Para Vigotski (2009, p.180), “qualquer vínculo pode levar à inclusão de um dado elemento no complexo, bastando apenas que ele exista, e nisto consiste o próprio traço característico da construção do complexo”. De acordo com os vínculos estabelecidos, os complexos podem ser classificados em complexo associativo, complexo-coleção, complexo em cadeia, complexo difuso e pseudoconceito.

A primeira fase do pensamento por complexos, o complexo associativo, é caracterizada por vínculos associativos concretos entre o objeto nucleador do complexo e os demais elementos. Um exemplo desta fase é quando a criança agrupa objetos por associação ao relacionar formas, cores, tamanhos, etc.

A segunda fase, conhecida como complexo-coleção, é caracterizada pela generalização de objetos a partir de suas funções em grupos característicos, o que habitualmente chamamos de coleções. Na experiência do dia a dia, por exemplo, alguns objetos podem formar coleções através da complementação de suas funções, como o conjunto de garfo, faca e colher, usados na alimentação.

O complexo em cadeia, que corresponde à terceira fase deste estágio de pensamento, é o momento em que ocorre o fluxo de vínculos associativos, ou seja, em uma mesma cadeia de objetos, existem diferentes vínculos que são atribuídos por percepções momentâneas. Suponhamos uma atividade em que a criança toma como objeto central um quadrado vermelho e simultaneamente forma uma coleção de quadrados, independente de suas cores. No primeiro momento, ao agrupar diversos quadrados, o vínculo utilizado na combinação dos objetos era a forma quadrada, quando de repente a criança sente-se atraída por um quadrado verde e resolve juntar a este, outros objetos de cor verde. Neste caso, a cor do objeto foi o vínculo associativo utilizado. Este tipo de complexo é caracterizado pela passagem de um traço a outro entre os elementos da cadeia, de modo que os objetos das coleções posteriores podem não apresentar relação alguma com as coleções iniciais.

O penúltimo complexo é formado por generalizações difusas, onde não há nitidez nas características entre os vínculos estabelecidos. Conforme Vigotski (2009, p.189), tais vínculos são

factuais concretos e diretamente figurados entre os objetos particulares. Toda a diferença consiste apenas em que esses vínculos se baseiam em traços incorretos, indefinidos e flutuantes, na medida em que o complexo combina objetos que estão fora do conhecimento prático da criança.

O último complexo, conhecido como pseudoconceito, situa-se na fronteira entre o pensamento por complexos e o pensamento conceitual. Apesar de apresentar alguma semelhança com o pensamento conceitual, este complexo mantém a predominância dos vínculos factuais e concretos.

O entendimento entre crianças e adultos não implica que ambos pensem conceitualmente; muitas vezes a criança se apropria de um termo, pois compreende o que o adulto expressa, usa o termo conceitual corretamente, mas continua pensando por complexos. O domínio da linguagem e a capacidade de fazer abstrações em níveis cada vez mais elevados

ajudarão a criança a depender cada vez menos da concretude de suas experiências, o que contribuirá para o desenvolvimento da etapa posterior a esta, a fase do pensamento conceitual.

O pensamento por pseudoconceitos demonstra que a criança tende a utilizar os termos conceituais antes de assimilar seus significados. Vigotski salienta que o conceito ‘em si’ e ‘para os outros’ se desenvolve na criança antes do conceito ‘para si’. “O conceito ‘em si’ e ‘para os outros’, já contido no pseudoconceito, é a premissa genética básica para o desenvolvimento do conceito no verdadeiro sentido desta palavra” (VIGOTSKI, 2009, p.198-199). Sendo assim, o pseudoconceito, também conhecido como complexo-conceito, marca um estado de transição entre o pensamento concreto e o pensamento abstrato.

O pensamento conceitual costuma ser atingido na adolescência. A passagem do pensamento por complexos ao pensamento por conceitos acontece quando o sujeito aprende: a analisar (discriminar; distinguir; decompor; perceber diferenças e semelhanças); a abstrair (separar algo mentalmente para tomá-lo em consideração) elementos de uma experiência concreta; e a sintetizá-los em uma classe que abarque todas as experiências que possuem esses elementos (generalização). O pensamento pode ser considerado conceitual quando a pessoa utiliza dessas classes para conhecer e atuar na realidade em que vive (BELLAS; GONZALEZ; SILVA, 2015). Por exemplo, quando um estudante de Química emprega o termo substância química para se referir a materiais puros sem se referir a nenhum material em particular.

2.1.1.2 Conceitos espontâneos x conceitos científicos

O desenvolvimento da capacidade de pensar conceitualmente possibilita que o sujeito liberte-se do campo sensorial e opere na ausência da concretude da experiência. É nesse sentido que o conceito é, em termos psicológicos, um ato de generalização mais abstrata, pois pertence a uma classe de objetos. Conforme Vigotski (2009), um conceito é mais do que a soma de vínculos associativos, é um processo interno complexo que se dá com a construção dos significados das palavras. Para ele,

Quando uma palavra nova, ligada a um determinado significado, é apreendida pela criança, o seu desenvolvimento está apenas começando; no início ela é uma generalização do tipo mais elementar que, à medida que a criança se desenvolve, é substituída por generalizações de um tipo cada vez mais elevado, culminando o processo na formação de verdadeiros conceitos (VIGOTSKI, 2009, p.246).

Por exemplo: uma das primeiras palavras aprendidas pelas crianças é a palavra mãe. No início, a mãe significa a própria mãe da criança. À medida que passa a conviver com

outras crianças, descobre que mãe também serve para designar outros adultos; outras mães. Posteriormente, nota que mães possuem mães. Desse modo, a expressão mãe vai ampliando seu significado e o pensamento da criança vai se desenvolvendo, pois pode abarcar maior quantidade e diversidade de experiências.

O desenvolvimento conceitual, caracterizado pela evolução do significado das palavras, é um processo longo e complexo que requer a mobilização de diversas funções que compõem o psiquismo, como a atenção arbitrária, a memória lógica, a abstração, a comparação e a discriminação (VIGOTSKI, 2009). Quanto mais desenvolvido culturalmente, mais elaborado será o processo conceitual, marcado pela interconexão das funções psicológicas.

Embora estejamos partindo do pressuposto de que todo conceito é um ato de generalização abstrata, é importante destacar que a generalização e a abstração dos conceitos são variáveis. Os conceitos espontâneos — por exemplo, gato, leão — são formados nas experiências do dia a dia de modo não consciente — ver um gato, a foto de um leão — e, por isso, seu emprego possui um vínculo forte com os casos concretos que lhes deram origem: as lembranças das imagens do gato e do leão.

Por outro lado, os conceitos científicos² — por exemplo, felino — são formados conscientemente através do estudo, por explicações que substituem a experiência concreta que lhes deu origem e que, por isso, apresentam maior abstração, no sentido de estarem afastadas da experiência (BELLAS; GONZALEZ; SILVA, 2015).

Se pensarmos no exemplo acima, podemos destacar a influência da escolarização no processo de formação de conceitos. Na escola, o conceito de gato pode ser ampliado, apresentando um maior nível de abstração e generalidade. Ao aprender outros conceitos mais gerais e relacionados ao conceito gato, como mamífero, vertebrado, animal, o estudante ampliará sua rede conceitual e poderá estabelecer a diferenciação e relações entre os conceitos, compreendendo-os a partir de sua sistematicidade.

Embora façam parte de um *processo único de desenvolvimento intelectual*, conceitos espontâneos e conceitos científicos seguem linhas distintas de desenvolvimento que operam sob diferentes condições internas e externas: no desenvolvimento dos conceitos espontâneos a criança caminha do objeto/concreto para o conceito, enquanto no desenvolvimento dos conceitos científicos o transcurso ocorre do conceito para o objeto, ou seja, a gestação dos

²O termo conceito científico utilizado por Vigotski não corresponde exclusivamente ao conceito oriundo da ciência, particularmente, das ciências exatas, conforme nos referirmos aos conceitos químicos, por exemplo. Aqui, o conceito científico aparece como sinônimo de conceito escolar, aquele aprendido sistematicamente.

conceitos científicos se dá pela relação mediata com os objetos (VIGOTSKI, 2009).

As mudanças que acontecem na natureza das relações entre o sujeito e os objetos podem ser um dos motivos das dificuldades apresentadas por estudantes na aprendizagem dos conceitos científicos. O contato direto com o objeto provocado a partir das experiências que envolvem o desenvolvimento dos conceitos espontâneos pode dificultar a operação inversa, quando se faz necessário concretizar a partir de um nível de abstração mais elevado. Desse modo, um estudante que aprendeu um conceito espontaneamente, poderá ter dificuldades em explicá-lo (verbalizá-lo) e em justificar seu emprego. Por outro lado, um estudante que aprendeu um conceito por meios de uma definição, poderá ter dificuldades em exemplificá-lo (concretizá-lo).

Apesar de apresentarem características diferentes, conceitos espontâneos e científicos influenciam-se; isto é, a interação entre eles, que apresentam níveis de abstração/generalidade distintos, favorece o desenvolvimento mútuo. Desta forma, os conceitos científicos possibilitam maior nível de abstração dos conceitos espontâneos ao passo que os conceitos espontâneos possibilitam maior grau de concretude aos conceitos científicos (VIGOTSKI, 2009). Na tentativa de sintetizar as principais características e diferenças ao classificar estes conceitos, Vigotski (2009, p. 350) salienta que

Agora poderíamos tentar generalizar o que descobrimos. Poderíamos dizer que a força dos conceitos científicos se manifesta naquele campo inteiramente determinado pelas propriedades superiores dos conceitos, como a tomada de consciência e sua arbitrariedade; é justamente aí que revelam a sua fragilidade os conceitos espontâneos da criança, que são fortes no campo da aplicação espontânea circunstancialmente conscientizada e concreta, no campo da experiência e do empirismo. O desenvolvimento dos conceitos científicos começa no campo da consciência e da arbitrariedade e continua adiante, crescendo de cima para baixo no campo da experiência pessoal e da concretude. O desenvolvimento dos conceitos espontâneos começa no campo da concretude e do empirismo e se movimenta no sentido das propriedades superiores dos conceitos: da consciência e da arbitrariedade.

Outra diferença apontada por Vigotski (2009) quanto ao desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos está relacionada aos ambientes em que esses processos ocorrem. Dizer que a aprendizagem dos conceitos científicos ocorre prioritariamente na escola não significa afirmar que o desenvolvimento dos conceitos científicos acontece exclusivamente no ambiente escolar. Em nosso entender, espaços que possibilitem, a partir da interação social, o contato entre pessoas com experiências diferentes e uma mediação que desenvolva no sujeito modos sofisticados de pensamento, também *poderão* favorecer a tomada de consciência e o desenvolvimento de conceitos científicos. Isso não significa “esvaziar” a escola de sua função social, muito pelo contrário, se com a experiência do

cotidiano aprendemos boa parte dos conceitos espontaneamente, reconhecemos que é na escola que o conhecimento deverá ser melhor sistematizado, ou seja, a escola deve favorecer a tomada de consciência dos conceitos científicos.

2.1.1.3 A tomada de consciência e a relação das funções psicológicas

É importante refletir sobre a concepção de conscientização que aparece na obra de Vigotski, uma vez que níveis diferentes de abstração e tomada de consciência diferenciam os tipos de conceitos. O que significa tomar consciência de um conceito? Qual a concepção vigotskiana acerca da consciência humana? A partir de nossa interpretação sobre a obra de Vigotski, tentaremos esclarecer estas inquietações.

Quando a criança usa corretamente as palavras, mas não consegue aplicá-las de modo intencional e justificado, a sua fala consiste em um puro verbalismo, caracterizado pelo uso automático que ocorre por reprodução e dizemos que se dá de forma não consciente. Para Vigotski (2009, p.275), “tomar consciência de alguma operação significa transferi-la do plano da ação para o plano da linguagem, isto é, recriá-la na imaginação para que seja possível exprimi-la em palavras”. Ao recriar a operação o sujeito percebe as razões para a sua realização de modo a justificar a ação que realiza.

Tomar consciência implica uma mudança de estruturas, uma mobilização de funções psicológicas que possibilite a passagem da operação do plano da ação para o plano do pensamento, e deste para o plano na linguagem. Essa mobilização de estruturas favorece o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, que têm como traços característicos a tomada de consciência dos conceitos e do próprio pensamento. **Ter consciência de um conceito, para nós, significa saber explicitar o significado, aplicar em situações diferentes e justificar o uso.**

Percebemos nitidamente na obra de Vigotski a sua preocupação em compreender como se realiza a transição dos conceitos não conscientizados para os conscientizados na idade escolar. A intelectualização e a assimilação das funções são dois momentos que marcam a transição das funções elementares para as funções psicológicas superiores. De acordo com Vigotski (2009, p. 283), “dominamos uma função na medida em que ela se intelectualiza. A arbitrariedade na atividade de alguma função sempre é o reverso da sua tomada de consciência”. Percebemos aqui a *arbitrariedade (voluntariedade)* como sinônimo de *conscientização*, ambos, atributos do processo de desenvolvimento intelectual.

O processo de intelectualização é influenciado pela relação entre as funções

psicológicas superiores, onde a consciência é tomada como um sistema composto por estas funções. O desenvolvimento das funções apresenta uma interdependência entre estas; por exemplo, dizer que a memória³ e atenção tornam-se arbitrárias é assumir sua dependência quanto ao desenvolvimento do pensamento. Vigotski (2009, p. 284) enfatiza que

a consciência se desenvolve como um processo integral, modificando a cada nova etapa a sua estrutura e o vínculo entre as partes, e não como uma soma de mudanças particulares que ocorrem no desenvolvimento de cada função em separado. O destino de cada parte funcional no desenvolvimento da consciência depende da mudança do todo e não o contrário.

Ao reconhecer a importância da escolarização no desenvolvimento do intelecto, que está associado à tomada de consciência e à arbitrariedade de suas funções, é preciso pensar a educação como um meio de desenvolver a consciência humana através da mobilização das funções psicológicas superiores. É importante destacar que a tomada de consciência não está associada apenas ao desenvolvimento destas funções, uma vez que processos superiores são antecidos por processos elementares (atividades não conscientizadas e não arbitrarias) e que, “para tomar consciência é necessário que haja o que deve ser conscientizado” (VIGOTSKI, 2009, p.286).

A história do desenvolvimento intelectual da criança aponta para a percepção e a memória como atividades que já ocorrem no início da idade escolar e constituem funções indispensáveis para o desenvolvimento de processos mais sofisticados. Mais uma vez, podemos notar o vínculo indissociável entre as funções que compõem a consciência humana.

Ao tentar compreender a natureza dos conceitos a partir da leitura da obra de Vigotski, é possível perceber que a tomada de consciência e a sistematização constituem um dos atributos que diferencia conceitos científicos de conceitos espontâneos, ou seja, para ele, conceitos espontâneos são não conscientizados no processo de apreensão, enquanto os conceitos científicos são conscientizados.

Ter consciência de um conceito significa saber empregar adequadamente o termo conceitual, saber explicar o conceito e justificar sua aplicação na situação considerada. A não consciência de um conceito significa “outra orientação da atividade da consciência” (VIGOTSKI, 2001, p. 288). A atividade para a qual a consciência está orientada quando emprega um termo conceitual de modo não consciente é a aplicação desse termo em várias situações. Para tanto, é suficiente reconhecer que o termo conceitual está sendo empregado

³ Ao longo do texto referimo-nos à memorização como um processo relacionado ao desenvolvimento da memória, função psicológica indispensável ao desenvolvimento da consciência. Neste sentido, pensamos que a memorização está para além do famoso “decoreba”, ou seja, se o desenvolvimento da consciência depende do vínculo entre as funções psicológicas, o vínculo entre a memória e as demais funções, como a atenção e a percepção, é fundamental para a construção dos significados das palavras, ou seja, dos conceitos.

em situações similares às quais o conceito foi apreendido, de modo que, o discurso seja compreensível. Contudo, quem emprega o termo pode não saber explicar seu conceito e não saber justificar sua aplicação. Ou seja: embora a ação de aplicação do termo conceitual seja consciente, não há consciência do conceito.

Tanto a explicação do termo conceitual quanto a justificativa de sua aplicação exigem o conhecimento, ao menos parcial, de um conjunto de outros conceitos relacionados, que formam o sistema do qual o conceito faz parte. Logo, o uso não consciente do conceito implica no desconhecimento de seu sistema conceitual.

Outro aspecto que caracteriza a consciência de um conceito é o emprego voluntário do seu termo conceitual, ou seja, o termo é escolhido de modo justificado para a situação considerada. Porém, tal justificativa só pode ser realizada por meio da explicitação do conceito, o que requer o conhecimento do sistema conceitual.

Nas palavras de Vigotski (VYGOTSKI, 2001, p. 215, tradução nossa),

só dentro de um sistema o conceito pode adquirir um caráter voluntário e consciente. O caráter consciente e a sistematização são plenamente sinônimos a respeito dos conceitos, do mesmo modo que a espontaneidade, a não consciência e a ausência de sistematização, são três termos diferentes para denominar o mesmo quanto à natureza dos conceitos infantis [espontâneos].

Se o emprego de conceitos espontâneos envolve a conscientização da ação, inferimos que a sistematização refere às diferentes possibilidades dessa ação. Em outras palavras: ocorre uma sistematização das diversas situações nas quais o termo conceitual pode ser empregado. Características das situações são reconhecíveis como similares de modo a justificar a aplicação do conceito. Percebemos que os conceitos espontâneos também fazem parte de um sistema fora do qual não podem existir.

Outro aspecto da sistematização consiste na construção linguística: uma palavra sem vínculo com outros conceitos não representará nenhum significado, portanto, não se tratará de um conceito. Deste modo, é possível afirmar que todo conceito compõe um sistema!

Talvez o melhor critério de sistematicidade que diferencie os conceitos espontâneos dos conceitos científicos seja aquele relacionado com a forma de assimilação. Neste caso, concordamos com Vigotski (2001; 2009) no sentido de que os conceitos científicos/escolares são apreendidos através de um sistema conceitual bem estruturado que possibilita sua conscientização e emprego voluntário.

Se considerarmos que a generalização envolve a localização de um conceito em um sistema onde os conceitos estão relacionados e organizados por medidas de generalidade, significa que o tipo de generalização aqui mencionado refere-se à sistematização de conceitos

e a tomada de consciência. Em nosso entendimento, embora todo conceito seja um ato de generalização, nem toda generalização envolve a tomada de consciência da mesma natureza, é neste sentido que consideramos que a formação dos conceitos espontâneos abarca algum tipo de conscientização.

2.1.1.4 Ensino, aprendizagem, desenvolvimento e avaliação

Na perspectiva vigotskiana, a escola possui um papel essencial na construção da consciência e isso ocorre através da socialização dos saberes construídos e acumulados ao longo da existência humana. A partir da assimilação do conhecimento sistematizado, do seu uso voluntário, o indivíduo conscientiza-se de suas ações mentais. É papel da escola possibilitar o desenvolvimento de funções mais sofisticadas, em outras palavras, cabe à escola ensinar o aluno a pensar, a desenvolver a atenção voluntária, a memorização, a linguagem, a escrita, etc.

A escola aparece no contexto social como a instituição que possibilita novos modos de operação intelectual que envolvem abstrações e generalizações mais complexas. À medida que a criança amplia o seu acervo de conhecimento, amplia a sua relação com o mundo. É na escola que os indivíduos desenvolvem modos sofisticados de pensamento e isso se dá pela formação dos conceitos científicos (VIGOTSKI, 2009; REGO, 1995).

Ao refletirmos sobre o papel da escola é preciso atentar para os processos de ensino, de aprendizagem, de desenvolvimento e de avaliação. De acordo com a Psicologia Histórico-Cultural, o desenvolvimento depende do aprendizado que se realiza por meio da interação social, que leva à apropriação da cultura. Vigotski (2009) defende a tese de que o aprendizado não só possibilita como orienta e estimula o desenvolvimento⁴.

Se analisarmos a obra de Vigotski, poderemos compreender porque tem sido comum nos trabalhos de seus seguidores a concepção de que a aprendizagem antecede o desenvolvimento. Para esclarecer essa questão, destacamos a seguir, trechos da obra *A Construção do Pensamento e da Linguagem* em que o autor contemplou a relação entre o desenvolvimento e a aprendizagem:

⁴ Apesar de Vigotski (2009) se referir à aprendizagem e ao desenvolvimento em diversos momentos ao longo de sua obra, percebemos que não há uma definição bem sistematizada (ou explícita) acerca destes termos, que ora parecem distintos, ora semelhantes. A partir da leitura e interpretação da obra deste autor, entendemos o *desenvolvimento* como um *processo* caracterizado por estados de aprendizagem, ou seja, enquanto a aprendizagem é algo momentâneo, o desenvolvimento é processual.

1. “... a aprendizagem é, na idade escolar, o momento decisivo e determinante de todo o destino do desenvolvimento intelectual da criança, inclusive do desenvolvimento dos seus conceitos” (VIGOTSKI, 2009, p.262, grifo nosso).
2. “Descobrimos que a aprendizagem está sempre adiante do desenvolvimento, que a criança adquire certos hábitos e habilidades numa área específica antes de aprender a aplicá-los de modo consciente e arbitrários” (VIGOTSKI, 2009, p.322, grifo nosso).
3. “... a curva do desenvolvimento não coincide com a curva do aprendizado do programa escolar; no fundamental a aprendizagem está a frente do desenvolvimento” (VIGOTSKI, 2009, p.324, grifo nosso).
4. “Vimos que a aprendizagem e o desenvolvimento não coincidem imediatamente, mas são dois processos que estão em complexas inter-relações. A aprendizagem só é boa quando está à frente do desenvolvimento.” (VIGOTSKI, 2009, p.334, grifo nosso).

A discussão proposta por Vigotski acerca da relação entre aprendizagem e desenvolvimento é basilar para os fundamentos da Psicologia Histórico-Cultural. Se por um lado a aprendizagem impulsiona o desenvolvimento, por outro lado, habilidades desenvolvidas anteriormente são necessárias para proporcionar novas aprendizagens. Neste sentido, Vigotski (2009, p.299) reconheceu que

certas premissas são efetivamente necessárias no desenvolvimento da criança para que a aprendizagem se torne possível. Por isso, a aprendizagem se encontra indiscutivelmente na dependência de certos ciclos do desenvolvimento infantil já percorridos. Isto é verdade, pois realmente existe um baixo limiar de aprendizagem além do qual ela se torna impossível.

Os trechos 1, 2, 3 e 4 apresentados acima explicitam que para Vigotski a aprendizagem escolar antecede cada passo do desenvolvimento proporcionado pela escola, por outro lado, a citação acima aponta para a dependência que a aprendizagem possui em relação ao desenvolvimento infantil, o que nos possibilita inferir que há diferentes níveis de desenvolvimento e que aprendizagem e desenvolvimento são processos interdependentes.

Não há como negar a influência do estágio de desenvolvimento que o indivíduo apresenta ao chegar à escola em sua aprendizagem. Não queremos dizer que o estudante deve estar “pronto/maduro” para aprender, queremos dizer que o contexto no qual o mesmo está inserido cria (ou não) condições favoráveis à sua aprendizagem e conseqüentemente ao seu desenvolvimento. Queremos admitir que anteriores à aprendizagem e ao desenvolvimento escolares, existem aprendizagens e desenvolvimentos que ocorrem fora da escola. Cabe salientar que independente de condições de vida favoráveis (ou não), a escola deve criar situações que contribuam para o desenvolvimento de seus estudantes e isso deverá ocorrer

através dos processos de ensino e de aprendizagem. Entretanto, ao reconhecer que cada estudante traz uma bagagem de vida diferente, fruto de interações sociais distintas, consideraremos que em cada indivíduo o desenvolvimento se dará de forma diferente, ainda que submetidos aos mesmos processos de ensino.

No que tange ao processo de ensino, os conteúdos escolares são os meios pelos quais se concretiza a influência da aprendizagem escolar sobre o desenvolvimento humano, cabendo à escola potencializá-lo por meio da aprendizagem do desconhecido, particularmente, do conhecimento científico. Para Vigotski (2009, p. 334), “o ensino seria totalmente desnecessário se pudesse utilizar apenas o que já está maduro no desenvolvimento, se ele mesmo não fosse fonte de desenvolvimento e surgimento do novo”. Nesta mesma linha de raciocínio, concordamos com Rego (1995, p.72) no sentido de que, “embora o aprendizado da criança se inicie muito antes dela frequentar a escola, o aprendizado escolar introduz elementos novos no seu desenvolvimento”.

Ao longo dos anos a expressão *examinar a aprendizagem* passou a ser substituída por *avaliar a aprendizagem*, entretanto, na prática, mudou-se a denominação, mas o processo continuou o mesmo (LUCKESI, 2011). Sabemos que na maioria das vezes, avaliar o desenvolvimento corresponde a examinar o que o estudante já sabe, aquilo que é capaz de fazer sozinho. Se pararmos para pensar no significado do processo avaliativo, notaremos que na maioria das instituições de ensino ainda predomina o ato de examinar.

No trabalho intitulado *Primeira constatação: a escola pratica mais exames que avaliação*, Luckesi (2011) compara os atos de examinar e avaliar considerando as seguintes variáveis: 1) temporalidade; 2) solução de problemas; 3) expectativa dos resultados; 4) abrangência das variáveis intervenientes no processo de ensino e aprendizagem; 5) momento de desempenho do educando; 6) função do exame e da avaliação; 7) consequência da função; 8) dimensão política do exame e da avaliação e 9) ato pedagógico. Para elucidar as diferenças entre os atos de examinar e avaliar, apresentamos no quadro a seguir uma síntese das variáveis que distinguem tais processos:

Quadro 1 – Características dos atos de examinar e avaliar

VARIÁVEIS:	Ato de examinar	Ato de avaliar
1) Temporalidade	Voltado para o passado (interessa o que o estudante aprendeu até o presente).	Centrado no presente e voltado para o futuro (interessa o desempenho presente e o seu desenvolvimento futuro).

2) Solução de problemas	Permanece atrelado aos problemas de aprendizagem.	Subsidia soluções para os impasses diagnosticados.
3) Expectativa dos resultados	Centrado no produto final.	Centrado no processo e no produto.
4) Abrangência das variáveis intervenientes no processo de ensino e aprendizagem	Simplifica a realidade e contenta-se com isso (atribui ao educando a responsabilidade pelos resultados negativos).	Considera a complexidade da realidade, centrando na busca dos melhores resultados.
5) Momento de desempenho do educando	É pontual, “cortante”.	É processual.
6) Função	É classificatório.	É diagnóstico; constata a qualidade da situação para proceder uma intervenção.
7) Consequência da função	É seletivo, excludente.	É inclusivo, “traz para dentro”.
8) Dimensão política	É antidemocrático.	É democrático.
9) Ato pedagógico	É autoritário.	É dialógico.

Fonte: a autora.

Analisando as especificidades dos atos de examinar e avaliar, é possível perceber que as variáveis estão relacionadas e se complementam. Se os examinadores preocupam-se com o que o estudante já sabe, atribui ao educando os resultados negativos conformando-se com a situação existente e classificam os estudantes de acordo com o rendimento, os exames, por sua vez, são classificatórios, seletivos, antidemocráticos e autoritários. Atributos opostos aos apresentados pelo processo avaliativo.

Quando refletimos sobre os objetivos dos processos de ensino e de aprendizagem, algumas questões são de extrema importância: 1) O que é mais relevante para o professor, avaliar o que o estudante é capaz de fazer sozinho ou o que ele consegue fazer com o auxílio do outro? 2) Até que ponto a aquisição de conceitos científicos permite ao professor inferir sobre o desenvolvimento do estudante? A partir das ideias de Vigotski, buscaremos respostas para tais inquietações.

É comum inferir o nível intelectual da criança por meio de testes, através de problemas que ela é capaz de resolver sozinha. É neste sentido que há a predominância dos exames no processo educativo, uma vez que, interessa ao docente o que o estudante é capaz de fazer até aquele momento. Vigotski (2009, p. 326-327, grifo nosso) enfatizou que por meio destes testes

ficamos sabendo do que a criança dispõe e o que ela sabe no dia de hoje, uma vez que só se dá atenção aos problemas que ela resolve sozinha: é evidente que com esse método podemos estabelecer apenas o que a criança já amadureceu para o dia de hoje. Definimos apenas o nível de seu desenvolvimento atual. Mas o estado do desenvolvimento nunca é determinado apenas pela parte madura. Como um jardineiro que, para definir o estado de todo o jardim, não pode resolver avaliá-lo apenas pelas macieiras que já amadureceram e deram frutos, mas deve considerar também as árvores em maturação, **o psicólogo que avalia o estado do desenvolvimento também deve levar em conta não só as funções já maduras, mas aquela em maturação, não só o nível atual, mas também a zona de desenvolvimento imediato.**

O conceito de zona de desenvolvimento próximo, proximal ou imediato (conforme aparece na citação acima) é bastante difundido no Brasil, com grande repercussão no campo educacional. Entretanto,

Tanto a palavra proximal como a imediato não transmitem o que é considerado o mais importante quando se trata desse conceito, que está intimamente ligado à relação existente entre desenvolvimento e instrução e à ação colaborativa de outra pessoa. Quando se usa zona de desenvolvimento proximal ou imediato não está se atentando para a importância da instrução como atividade que pode ou não possibilitar o desenvolvimento. Vigotski não diz que a instrução é garantia de desenvolvimento, mas que ela, ao ser realizada em uma ação colaborativa, seja do adulto ou entre pares, cria possibilidades para o desenvolvimento (PRESTES, 2012, p.190).

Se para Vigotski a partir da interação com o outro é **possível** aprender algo novo e conseqüentemente desenvolver-se, tendo em vista os processos internos e externos que envolvem esse percurso, assim como Prestes, consideramos a expressão *zona de desenvolvimento iminente (ZDI)* a mais adequada às concepções vigotskianas.

Se atentarmos para os significados das palavras imediato e iminente, iremos perceber que embora pareçam termos semelhantes, cada um representa características particulares. Enquanto imediato conduz à ideia de algo que acontece numa sequência sem intermediários, de forma instantânea, a palavra iminente nos faz pensar em algo que está para acontecer, um processo não necessariamente instantâneo que pode ser mediado.

O contato com alguém mais experiente, o diálogo, os conhecimentos compartilhados, o fazer junto ensinando a fazer, são momentos que possibilitam o desenvolvimento, de modo que aquilo que a criança faz em colaboração com o mais experiente, poderá fazer sozinha amanhã (VIGOTSKI, 2009). Em suma: sobre os diferentes níveis de desenvolvimento humano, Vigotski referiu-se ao desenvolvimento atual do indivíduo como o nível de desenvolvimento real (NDR), que corresponde ao conhecimento já consolidado que lhe permite agir e solucionar problemas sem a ajuda de alguém mais experiente. Este nível indica um ciclo de desenvolvimento completado (PRESTES, 2012; REGO 1995; VIGOTSKI, 2009). Já a zona de

desenvolvimento iminente (ZDI), corresponde ao que a criança consegue fazer em colaboração com alguém mais experiente.

Dentre os fatores que potencializam o desenvolvimento do indivíduo a partir da aprendizagem, destaca-se o papel da imitação que, durante algum tempo era vista como mera reprodução. Hoje, sabemos que imitar não significa apenas reproduzir, mas envolve uma série de operações que contribuem para o desenvolvimento humano. Conforme mencionamos ao tratar da zona de desenvolvimento iminente, o que marca o desenvolvimento é o momento em que, com a colaboração do outro, a criança consegue realizar o que antes não conseguia. É neste sentido que em diversos momentos de sua obra, Vigotski salienta que a aprendizagem escolar precede o desenvolvimento, e neste caso, particularmente, a imitação aparece favorável à assimilação de novos conhecimentos. De acordo com Vigotski (2009, p. 331-332, grifo nosso).

Na fase infantil, só é boa aquela aprendizagem que passa à frente do desenvolvimento e o conduz. Mas só se pode ensinar à criança o que ela já for capaz de aprender. **A aprendizagem é possível onde é possível a imitação.** Logo, a aprendizagem deve orientar-se nos ciclos já percorridos de desenvolvimento, no limiar inferior da aprendizagem; entretanto, ela não se apoia tanto na maturação quanto nas funções amadurecidas. Ela sempre começa daquilo que ainda não está maduro na criança.

As aulas de exercício são momentos importantes em que, através da imitação, o estudante busca reproduzir o que foi feito pelo professor. É preciso ensiná-lo a estudar e resolver problemas, e isso envolve a mobilização das funções psicológicas, como o desenvolvimento da atenção, da percepção, do pensamento e da linguagem. *Isso significa que o ensino escolar, conforme já sinalizamos, deve favorecer, por meio do desenvolvimento das funções psicológicas superiores, o desenvolvimento da consciência humana.*

Se a escola tem a função de ensinar o que o estudante não sabe (parte de um conhecimento construído socialmente) e de avaliar o processo de formação de conceitos, vale destacar a importância que Vigotski atribuiu à problematização neste processo:

É precisamente com o auxílio dos problemas propostos, da necessidade que surge e é estimulada, dos objetivos colocados perante o adolescente que o meio social circundante o motiva e o leva a dar esse passo decisivo no desenvolvimento do seu pensamento.

Onde o meio não cria os problemas correspondentes, não apresenta novas exigências, não motiva nem estimula com novos objetivos o desenvolvimento do intelecto, o pensamento do adolescente não desenvolve todas as potencialidades que efetivamente contém, não atinge as formas superiores ou chega a elas com um extremo atraso (VIGOTSKI, 2009, p.171).

Para avaliar a aprendizagem dos conceitos científicos, o professor deverá analisar se o estudante conceitua os termos trabalhados de forma consciente, isso implica em saber aplicá-

los em diferentes situações e usá-los corretamente. Cabe aqui uma ressalva: apenas usar um conceito corretamente não significa usá-lo conscientemente, é preciso saber justificar a escolha e o uso. Concordamos com Vigotski (2009) no sentido de que o emprego funcional da palavra, o seu desenvolvimento e suas múltiplas formas de aplicação poderão ser a chave para o estudo da formação de conceitos.

2.1.1.5 Organização conceitual: mapas conceituais na perspectiva da Psicologia Histórico-Cultural⁵

A seleção de recursos didáticos e o planejamento de estratégias para a socialização dos conteúdos – visando à apropriação dos saberes sistematizados – são ações que permeiam o papel docente. Neste sentido, destacamos os mapas conceituais como instrumentos que têm sido amplamente utilizados em educação, sobretudo no ensino de ciências, tanto que há um congresso internacional específico sobre esta temática, que se encontra na nona edição (INTERNATIONAL..., 2018).

Os mapas conceituais são diagramas que apresentam os conceitos relacionados entre si. Uma das teorias que dão suporte aos mapas conceituais — e, possivelmente a que mais os divulgou — é a teoria da aprendizagem significativa. Segundo seus adeptos, um mapa conceitual é uma “representação do conhecimento” (NOVAK, 2000, p. 3; 32) sendo este de natureza conceitual e proposicional.

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa, um conceito é “uma regularidade percebida em acontecimentos ou objetos, ou registros de acontecimentos ou objetos, designada por um rótulo” (NOVAK, 2000, p. 21). Com base neste pressuposto teórico, o processo de formação de conceitos ocorre em fases distintas: com crianças pequenas (até 3 anos), o processo se dá por descoberta, por tentativa e erro, de regularidades em objetos ou fenômenos e utilização de rótulos linguísticos. Na fase adulta, o processo é caracterizado pela assimilação de conceitos, ou seja: interação entre as novas informações e os conceitos anteriormente aprendidos (NOVAK, 2000; MOREIRA, 2006), entendidos como subsunçores ou ideias-âncora.

Há três tipos de aprendizagem significativa: representacional, conceitual e proposicional. A aprendizagem representacional é mais básica e consiste em relacionar um rótulo a um objeto ou acontecimento, de modo concreto, específico. À medida que esses

⁵O texto desta subseção segue de perto a comunicação apresentada ao X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (BELLAS; GONZALEZ; SILVA, 2015).

rótulos adquirem generalização, por repetição da experiência, ocorre a formação de conceitos (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2000).

A aprendizagem conceitual propriamente dita ocorre por assimilação de conceitos, o processo de relação e interação entre conceitos novos e pré-existentes na estrutura cognitiva do sujeito da aprendizagem. A aprendizagem proposicional, por seu turno, é mais sofisticada, pois consiste na assimilação de “ideias compósitas” (AUSUBEL, 2003, p. 93), que incluem conceitos e vários rótulos.

Os conhecimentos estruturados e hierarquizados no que se denomina de estrutura cognitiva, constituídos por conceitos e proposições, encontram-se integrados aos pensamentos, às emoções e às ações, tendo a aprendizagem significativa como processo subjacente de criação e assimilação dos mesmos (NOVAK, 2000). Entendemos estrutura cognitiva como o conjunto de conhecimentos que o indivíduo se apropria ao longo de sua existência por meio das interações sociais.

Os mapas conceituais surgiram no grupo de pesquisa de Novak (2000, p. 27) como um modo de “organizar palavras e proposições” e, assim, representar o conhecimento exposto por sujeitos de pesquisa. Os mapas conceituais, na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa, são construídos em ordem decrescente de generalidade — entendida como abrangência e inclusividade — dos conceitos, colocando-se os conceitos mais gerais no topo, em seguida os de generalidade intermediária até os mais específicos, na base do mapa. Os conceitos, vinculados por conectivos ou frases de ligação, formam proposições que explicitam suas relações. Por exemplo, o conceito “química” ligado ao de “materiais”, através do conectivo ‘estuda os’, formam a proposição conceitual *química estuda os materiais*:

Figura 1 – Representação de uma proposição conceitual



Fonte: a autora

Embora o termo “mapa conceitual” tenha sido popularizado no contexto de desenvolvimento da teoria da aprendizagem significativa, não podemos conceber a ideia de que a organização conceitual através de um sistema de conceitos seja oriunda deste referencial, uma vez que teorias anteriores a esta já discutiam sobre a questão da

sistematização conceitual.

Em 1934, Vigotski elaborou uma analogia entre sistemas de conceitos e o mapa mundi, que possibilita outra interpretação dos mapas conceituais, pois, em princípio, tais diagramas podem ser interpretados de diversos modos, conforme o referencial teórico adotado.

De acordo com a teoria histórico-cultural, os conceitos não se formam isoladamente, mas, em relação com outros conceitos, constituindo um sistema: a reunião dos exemplares de um conceito numa classe é um processo psicológico de síntese que requer “dependências e relações entre os objetos representados e a realidade restante. Deste modo, a própria natureza de cada conceito particular já pressupõe a existência de um sistema de conceitos, fora do qual não pode existir” (VIGOTSKI, 2009, p. 359).

Em sua obra, Vigotski (2009) enfatiza que o conceito científico, diferentemente do conceito espontâneo, apresenta uma relação com o objeto que pressupõe a existência de relações conceituais, ou seja, de um sistema de conceitos. Embora, em alguns momentos, Vigotski (2009) sugira que a sistematização é característica apenas dos conceitos científicos, entendemos que os conceitos espontâneos também são organizados em sistemas porque todo conceito é formado pela síntese de seus componentes e em relação com outros conceitos (BELLAS; GONZALEZ; SILVA, 2015).

Partindo do pressuposto de que cada conceito é uma generalização, podemos afirmar que a relação entre conceitos é uma relação de generalidade. Os sistemas conceituais são sistemas estruturados por relações de generalidade. Esta concepção é apresentada por Vigotski (2009) através da metáfora do globo terrestre, cuja superfície simboliza a diversidade da realidade, onde cada ponto corresponde a um conceito. Nesta perspectiva, a medida de generalidade do conceito corresponde à sua posição no sistema de todos os conceitos. Sendo assim, um conceito pode ser analisado pelo conjunto de coordenadas dadas em medidas de longitude e de latitude, tal qual fazemos para localizar um ponto qualquer na superfície terrestre.

A latitude do conceito representa a posição do conceito entre o pólo do pensamento sumamente concreto e o pólo sumamente abstrato sobre o objeto. Isto significa que, na perspectiva histórico-cultural, o mapa abrange tanto o pensamento conceitual científico/escolar, “maximamente generalizado”, vinculado à classe e afastado dos exemplares da experiência, quanto o pensamento espontâneo, mais próximo da experiência concreta aprendida. No limite — o pólo concreto — um mapa conceitual dessa natureza abrange, inclusive, o pensamento por complexos, formado por vínculos concreto-factuais, de

“abrangência imediata, sensorial e direta do objeto” (VIGOTSKI, 2009, p. 364).

A longitude⁶ do conceito representa seu lugar entre outros conceitos de mesma latitude — semelhante relação concreto/abstrato — que representam outros aspectos da realidade.

Longitude e latitude, juntas, compõem a medida da generalidade de um conceito, que indica sua natureza sob dois aspectos: “o ato de pensamento nele contido” e o “objeto que representa”⁷, de modo que um ponto sobre a superfície do globo é o lugar de encontro das “relações de generalidade existentes no campo de dado conceito” no interior do sistema e que o conecta com os demais conceitos, tanto superiores quanto inferiores em termos de generalidade (VIGOTSKI, 2009, p. 365).

A representação desta metáfora por um diagrama de termos conceituais implica que os termos colocados no topo (no polo norte do mapa) representarão o pensamento abstrato e os colocados mais abaixo (no polo sul), representarão o pensamento empírico. Os conceitos científicos/escolares, por apresentarem maior generalidade que os conceitos espontâneos, devido à sua maior abstração, ficarão no topo do mapa; os exemplares dos conceitos se situarão na parte de baixo.

Claro está que, em cada latitude, existem conceitos com maior amplitude que outros, representando mais casos particulares da realidade. Um conceito amplo ocupa uma área sobre a superfície do mapa, em lugar de um ponto; quanto mais amplo o conceito, maior a área ocupada.

Em nosso entender, a medida da generalidade de um conceito abrange: a) o grau de concretude/abstração em relação a outros conceitos do sistema; b) as operações mentais relacionadas ao movimento do pensamento no âmbito do sistema conceitual, e c) as relações de interdependência do conceito em foco com outros conceitos.

Um mapa conceitual na perspectiva histórico-cultural não inclui apenas os conceitos em relação hierárquica baseada nas relações concreto/abstrato, mas também, suas amplitudes, o que lhes confere maior riqueza de informação, porém exige maior detalhamento e profundidade de informações para ser confeccionado.

Suponhamos uma situação de ensino da primeira lei da termodinâmica e que se deseja avaliar a aprendizagem dos estudantes a partir da confecção de um mapa conceitual com os

⁶Nas traduções brasileira (VIGOTSKI, 2009), portuguesa (VYGOTSKY, 2007) e espanhola (VYGOTSKI, 2001) aparece a indicação da longitude como um “lugar [...] entre os polos” (VIGOTSKI, 2009, p. 364; VYGOTSKY, 2007, p. 291; VYGOTSKI, 2001, p. 264), o que está claramente errado, posto que a longitude geográfica é medida a partir do meridiano de Greenwich, em sentido paralelo/ perpendicular às tangentes aos polos terrestres; a latitude, sim, que é medida entre os polos, no sentido que vai de um polo a outro. Em outros trechos há troca de termos entre latitude e longitude. Uma vez que as traduções foram realizadas a partir do russo por diferentes tradutores, é de supor que a troca de termos pertença ao texto original.

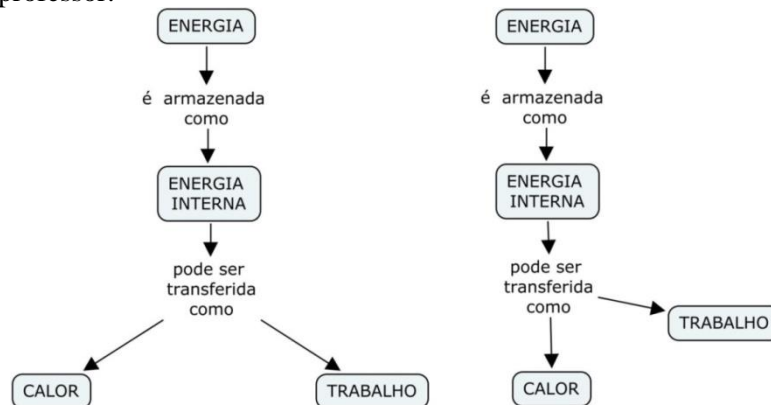
⁷A tradução brasileira apresenta problemas neste trecho, de modo que, empregamos parte da tradução espanhola.

termos energia, energia interna, calor e trabalho. Suponhamos que estes conceitos foram ensinados considerando-se que energia é o conceito mais abstrato e mais amplo de todos, pois se aplica a muitas situações da realidade e é um conceito primitivo, no sentido de que possibilita que outros conceitos se definam por seu intermédio (conceitos derivados da energia). Um pouco menos geral é energia interna, um conceito derivado, que significa a energia contida por um sistema e é um conceito que não possui referente sensível. Por fim, calor e trabalho são menos abstratos e amplos, pois se referem a transferências de energia em determinadas condições experimentais, às quais estão vinculados referentes sensíveis, concretos (SILVA; PREGNOLATTO, 2000).

Imaginemos que o mapa confeccionado pelo estudante apresenta as relações entre conceitos, em ordem decrescente de medida de generalidade, conforme a Figura 2A abaixo. Se entendermos o mapa como uma expressão dos significados aprendidos pelo estudante, é razoável considerar que está pensando corretamente, tomando como parâmetro o ensino praticado. Contudo, consideremos que sejam feitos mais questionamentos ao estudante e se constate que este possui uma concepção substancialista de calor, algo que lembra o calórico. Como se sabe, isto não é incomum (MORTIMER; AMARAL, 1998). Suponhamos, ainda, que o estudante tenha uma concepção de trabalho como um deslocamento de alguma grandeza, provocado por uma força. Ora, a concepção de calor do estudante está muito mais próxima do concreto que sua concepção de trabalho, portanto, a representação mais adequada do conhecimento do estudante é com o termo calor tendo menos generalidade que o termo trabalho, portanto, situado mais baixo que trabalho, no mapa.

A diferença entre o mapa construído pelo estudante (Figura 2A) e interpretado pelo professor (Figura 2B) revela as concepções atribuídas ao estudante, em termos de medida de generalidade.

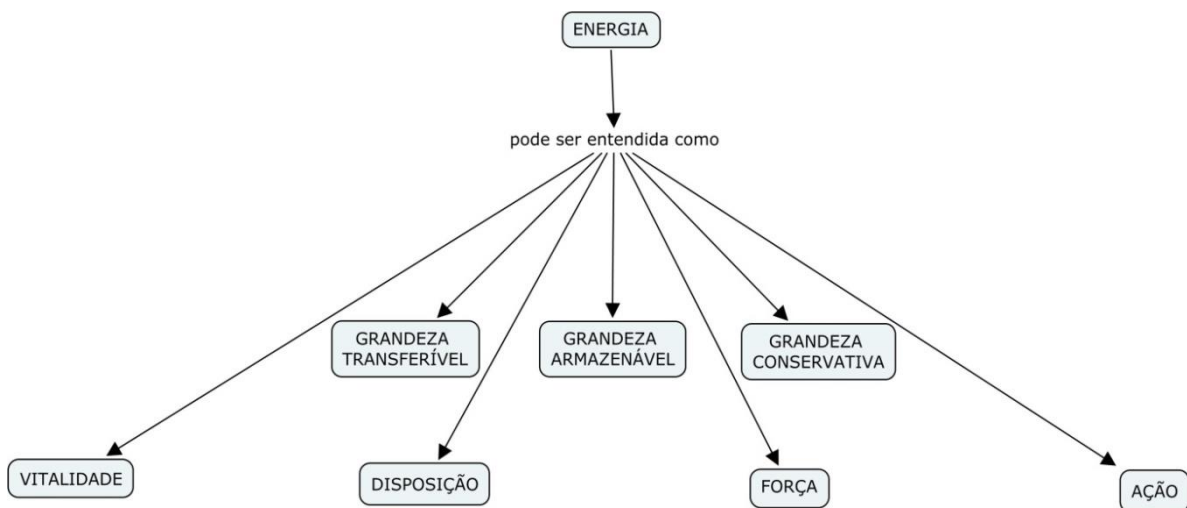
Figura 2 – Mapas conceituais sobre energia: 2A (à esquerda) - feito pelo estudante; 2B (à direita) - interpretado pelo professor.



Fonte: a autora

Um mapa conceitual na perspectiva histórico-cultural pode explicitar a diferença entre conceitos científicos/escolares e conceitos espontâneos. Tomemos o caso da energia, termo que possui muitos significados vinculados ao cotidiano: vitalidade, disposição, força, ação etc. Todos estes significados são considerados claros, autoevidentes, nas situações em que o termo é empregado. O emprego reiterado e adequado do termo energia, vinculado a experiências corriqueiras e sem necessidade de maiores explicações, faz com que as pessoas formem conceitos espontâneos de energia. Os conceitos espontâneos de energia possuem menor medida de generalidade que o conceito científico/escolar de energia, pela proximidade com a experiência concreta. Logo, situam-se em região mais baixa do mapa, próxima do polo concreto. A Figura 3 representa um mapa conceitual da energia que inclui conceitos científicos/escolares e espontâneos.

Figura 3 – Mapa conceitual sobre energia, incluindo conceitos científicos e espontâneos.



Fonte: a autora

Conforme exposto, os mapas conceituais numa perspectiva histórico-cultural podem contribuir para a avaliação no ensino de ciências, indo além da percepção da organização dos conceitos por amplitude e incorporando a discussão acerca das relações concreto/abstrato presentes no pensamento dos estudantes.

Esta possibilidade sugere que se discuta a medida de generalidade de cada conceito durante o ensino, tratando do quanto é abstrato e de que modo se relaciona com a experiência concreta, bem como, explicitando sua amplitude ao discutir os casos em que pode ser aplicado.

A utilização dos mapas conceituais não se restringe ao processo avaliativo, os mesmos

podem ser aplicados em diferentes momentos dos processos de ensino e de aprendizagem: no planejamento de ensino, na organização dos conteúdos, na técnica didática, entre outros (MOREIRA, 2006).

O exemplo que apresentamos, sobre a primeira lei da termodinâmica, se restringiu ao ensino de teoria. Porém, entendemos que esta discussão será muito proveitosa, também, no ensino de laboratório, no qual a manipulação concreta ocorre vinculada a conceitos abstratos. O emprego dos mapas conceituais pode contribuir para o esclarecimento da medida de generalidade dos diversos conceitos envolvidos na atividade experimental.

Também é útil na discussão do ensino vinculado ao cotidiano do aluno, onde é requerido tratar dos conceitos espontâneos e a diferenciação em relação aos conceitos científicos/escolares, pois não é sabendo o que é vinagre que aprenderemos o que é ácido, ao contrário: é sabendo o que é comportamento ácido que poderemos verificar que o vinagre apresenta propriedades dessa classe de compostos.

Portanto, os mapas conceituais em perspectiva histórico-cultural podem trazer grande contribuição ao ensino de ciências, sobretudo, ao processo avaliativo.

2.1.2 O conceito de conceito: contribuições filosóficas por Hardy-Vallée

É muito comum caracterizarem os conceitos das ciências⁸, em especial, os conceitos químicos, como algo que apresenta alto nível de abstração, relacionando este fato à complexidade e às dificuldades apresentadas na assimilação dos conceitos. A concepção de abstração envolvida nesta caracterização está associada a uma ideia espontânea (pejorativa e/ou em sentido figurado), na qual, o termo abstrato é entendido como de difícil compreensão, sem clareza, obscuro ou vago.

Considerando a relevância da compreensão da natureza do conceito para o desenvolvimento de nosso trabalho, sentimos a necessidade de ampliar o conceito de conceito considerando aspectos filosóficos.

De acordo com o que apresentamos sobre a consciência e a relação das funções que compõem o psiquismo, entendemos a linguagem como a principal função responsável pelo desenvolvimento humano, pois possibilitou ao homem se comunicar, compreender e produzir conhecimento. Do ponto de vista filosófico, tais processos só são possíveis com o conceito.

⁸Neste caso, estamos nos referindo aos conceitos oriundos da ciência propriamente dita. Utilizamos a expressão **conceitos das ciências** para distinguir da expressão **conceitos científicos** adotada por Vigotski, que se referem aos conceitos escolares.

Do ponto de vista psicológico, tanto a comunicação quanto a compreensão são possíveis desde o estágio do pensamento por complexos, pois estes agem como equivalentes funcionais dos conceitos.

A construção de qualquer conceito envolve um processo de abstração de elementos da experiência. Sendo assim, **o conceito delimita e é, antes de tudo, ausência** (HARDY-VALLÉE, 2013), porque ao escolher determinadas características que tornam semelhantes os objetos de um conjunto, as características que denotam diferenças entre os objetos são deixadas de lado. Ou seja: para formular um conceito faz-se necessário esquecer as diferenças e generalizar por semelhança, sintetizando as experiências em uma unidade que abarca uma diversidade de objetos ou fenômenos. Na filosofia, o conceito aparece como “um conhecimento geral que transcende a particularidade das percepções ao mesmo tempo em que permite dar sentido a elas” (HARDY-VALLÉE, 2013, p. 16).

A concepção filosófica do conceito abarca os seguintes aspectos: **invariante, critério, aquisição e formato, organização e função** (HARDY-VALLÉE, 2013).

Compreender a invariância de um conceito significa compreender o que não varia entre os exemplares aos quais o conceito se refere. O invariante psicológico de um conceito se caracteriza por uma estrutura da consciência, considerando que o conceito evolui com o desenvolvimento do pensamento. Na medida em que o pensamento e as demais funções do psiquismo evoluem, a estrutura da consciência se modifica. A expressão do pensamento ocorre por meio da linguagem, de modo que o conceito, além de possuir o invariante psicológico, apresenta invariante linguístico. Neste caso, o pensamento é apresentado como uma atividade que utiliza signos cuja natureza é psicolinguística.

A análise da concepção psicológica do invariante destaca a percepção e a concepção como funções responsáveis por dar ao sujeito uma representação do mundo. Contudo, enquanto a percepção é maximamente concreta e particular (objetos mentais equivalem às impressões, sensações), o conceito é abstrato e geral. Nesta perspectiva, apesar de apresentarem natureza e função distintas, percepção e concepção complementam-se. Conforme dizia Kant, a percepção é cega sem o conceito, enquanto o conceito é vazio sem a percepção (HARDY-VALLÉE, 2013). Esta dependência reflete implicitamente a relação entre importantes funções que compõem a consciência, entre elas, a percepção, o pensamento e a linguagem.

No que se refere à concepção filosófica linguística, com base nas ideias de Wittgenstein, pensar não é ter representações mentais, mas uma disposição para utilizar palavras de maneira apropriada. Neste caso, o pensamento é apresentado como uma atividade

que utiliza signos cuja natureza é *linguística* (HARDY-VALLÉE, 2013).

Vimos que o uso dos signos é apresentado por Vigotski como um critério que diferencia as funções psicológicas superiores das funções psicológicas elementares devido à sua característica mediadora. Entretanto, vale uma ressalva quanto à ideia wittgensteiniana de que “pensar não é ter representações mentais, mas uma disposição para utilizar palavras de maneira apropriada”. Como utilizar palavras corretamente sem nenhuma conscientização ou representação mental? Se a tomada de consciência envolve um processo de intelectualização, entendemos que o invariante apresenta tanto o aspecto mental quanto o linguístico, ao passo que o processo de formação de conceitos revela o entrelaçamento do pensamento com a linguagem.

Ao reconhecer a invariância entre elementos de um determinado grupo é possível criar uma categoria que permita acrescentar novos elementos ao conjunto pré-existente. Para que ocorra esse processo de categorização, é preciso dispor de um **critério** que permita a inclusão de um novo exemplar em uma categoria. É em virtude de um critério que as coisas pertencem ao mesmo conceito, ou seja, é preciso definir condições *necessárias* e *suficientes* para o estabelecimento das categorias. Por exemplo, ter quatro lados, ter quatro lados do mesmo comprimento, ter quatro ângulos retos, estar num plano bidimensional, ser uma figura fechada, são, individualmente, *condições necessárias* para algo ser considerado um quadrado e em conjunto são *condições suficientes* para afirmar que se trata de um exemplar do conceito de quadrado (HARDY-VALLÉE, 2013).

No primeiro estágio do processo de formação de conceitos, o pensamento sincrético, a criança estabelece vínculos de natureza subjetiva e associa elementos diversos formando imagens confusas. Ao atingir o pensamento por complexo é possível estabelecer relações objetivas entre aspectos da realidade e o pensamento. Entretanto, apesar de captar invariantes entre elementos observados e formar classes, os vínculos são de natureza concreto-factual. Apenas ao aprender a distinguir, perceber diferenças e semelhanças, abstrair características de elementos e voltar a sintetizá-las num grupo que contemple todos os elementos que possuam tais características (generalização), o sujeito desenvolverá o seu pensamento conceitual. Em outras palavras, na elaboração conceitual é necessário identificar os invariantes de uma classe e a partir das condições estabelecidas, categorizar. Temos um processo de abstração e de síntese que faz do conceito uma generalização e nos faz refletir sobre a natureza desta abstração.

Do ponto de vista filosófico, um conceito abarca as propriedades de todos os exemplares de uma categoria; é neste sentido que *o conceito é abstrato, universal*. Voltando

ao exemplo do quadrado, é possível afirmar que o conceito de quadrado é aquilo com que se pode imaginar ou reconhecer qualquer tipo de quadrado, independente de sua cor, tamanho, espessura ou alguma característica específica. É pelo fato de todos os quadrados apresentarem condições necessárias e suficientes para comporem uma categoria/caírem no mesmo conceito, que o conceito de quadrado é universal.

O entendimento de conceito como universal abstrato, corrobora o reconhecimento das diferenças entre a percepção e o intelecto (raciocínio). Se o conceito é abstrato e se a percepção possibilita apenas o acesso às experiências concretas, então o conceito é dependente de uma função psíquica diferente, ou seja, além do seu aspecto linguístico, é dependente do aspecto mental, do pensamento (HARDY-VALLÉE, 2013). Pensar conceitualmente implica o desenvolvimento da consciência a partir da mobilização das funções que compõem o psiquismo, como a memória, a atenção, o pensamento e a linguagem.

Partindo da premissa de que o conceito se trata de uma representação abstrata e que essa abstração pode ser adquirida por diferentes vias e representar as categorias sob diversos formatos, têm-se duas novas teorias do conceito: **a aquisição e o formato**. Quanto a estas teorias, destacam-se o empirismo, o imagismo, o racionalismo e o pluralismo. De forma sintética, apresentamos as principais características de cada teoria a seguir.

O empirismo corresponde à teoria da aquisição e do formato que tem a percepção como base do conhecimento. Nesta linha, conceitos universais provêm da percepção do particular e a generalização ocorre através do processo indutivo. Para os imagistas, o conceito é uma imagem mental consciente e advém das sensações e suas combinações. Noutra perspectiva, o racionalismo corresponde à teoria de natureza intelectual cuja concepção é a sede do conhecimento. Dois grandes filósofos se destacaram na consolidação do racionalismo: Platão e Descartes. Para Platão, conceitos são ideias percebidas somente pelo intelecto e se aplicam a todos os membros de uma categoria, mas não os representa de maneira sensível. De acordo com as ideias de Descartes não os conhecemos porque vemos, ou porque os tocamos, mas somente porque os concebemos pelo pensamento. Por fim, o pluralismo constitui uma teoria que reconhece tanto a característica empírica quanto a racionalista, pois considera que o pensamento manipula tantos conceitos empíricos quanto os conceitos que não apresentam conteúdo sensível (HARDY-VALLÉE, 2013).

Analisando como se dá o processo de formação de conceitos e sua relação com a mobilização das funções que compõem o psiquismo, podemos inferir que o conceito apresenta as características linguística e mental por se apoiar na linguagem e no pensamento para construção dos significados das palavras. Portanto, concordamos com Hardy-Vallée (2013, p.

90) no sentido de que “os conceitos são multimodais e, além disso, nos humanos, são mentais e sociais (ou ainda, *cognitivos e linguísticos*)”.

A compreensão da expressão *os conceitos são universais abstratos* depende do sentido dado ao termo *abstrato*, referindo-se ao particípio passado “abstraído” ou ao adjetivo “abstrato”.

No primeiro caso, insiste-se no processo de *abstração* que, a partir de elementos mais simples, *abstraiu* (ou extraiu) uma ideia geral; no segundo caso, a palavra remete bem mais à generalidade e ao caráter não perceptual da ideia, como um miriógono, que é tido como demasiado abstrato para poder ser imaginado claramente (HARDY-VALLÉE, 2013, p. 79).

Podemos associar o segundo caso referido na citação acima ao processo de formação de conceitos, uma vez que se relaciona à generalização. Entretanto, acreditamos que mesmo uma ideia demasiadamente abstrata, ou seja, de maior medida de generalidade, poderá ser imaginável, embora não seja facilmente representada. Essa imaginação pode acontecer por correlação entre coisas familiares, por exemplo: é difícil representarmos um polígono de mil lados (miriógono), mas é possível, a partir do nosso conhecimento sobre a estrutura de outras figuras planas formadas pelo mesmo número de ângulos e lados (outros polígonos), imaginarmos algo na dimensão de um miriógono por meio de associações realizadas em nossa mente. Em outras palavras, por mais abstrato que seja o conceito, é possível pensarmos através de representações mentais possibilitadas pela imaginação.

Vimos que os conceitos fazem parte de um sistema fora do qual é impossível a sua existência. Sobre a sua *organização*, Hardy-Vallée, assim como Vigotski, reconhece que os conceitos são organizados sistematicamente. Neste sentido, do ponto de vista filosófico e psicológico, compreender a natureza do conceito requer o conhecimento das relações conceituais que compõem o seu sistema. Os sistemas conceituais apresentam uma estrutura vertical e uma estrutura horizontal; na vertical os conceitos são estruturados hierarquicamente, onde os mais gerais incluem os menos gerais, que por sua vez incluem os mais específicos. Na horizontal, embora se apresentem num mesmo nível de generalidade, os conceitos possuirão extensões diferentes. Quanto mais geral for o conceito, maior será o seu nível de abstração. Neste sentido, para incluir membros distintos numa mesma categoria, é preciso abstrair suas particularidades e assumir apenas as condições indispensáveis que nos permita inseri-los no conceito (HARDY-VALLÉE, 2013).

Em relação à *função* de um conceito, em nosso estudo, especificamente, se aplicam as funções epistemológica e linguística; a primeira por permitir descrever a utilização de um conceito num contexto e analisar o conteúdo psicológico (definido pelos processos cognitivos

em ação no uso dos conceitos), a segunda por constituir os processos de comunicação e significação, que estão diretamente relacionados ao processo de formação de conceitos apresentado por Vigotski.

Após compreender os aspectos apresentados por Hardy-Vallée ao investigar as teorias de conceitos (invariante, critério, aquisição e formato, organização e função), é possível entender o conceito de conceito que aparece em sua obra. Para ele, “conceitos são universais abstratos, organizados sistematicamente, que aplicam a representação de propriedades invariantes de uma categoria a objetos particulares em função de um critério” (HARDY-VALLÉE, 2013, p. 20).

Quanto aos tipos de conceitos, Hardy-Vallée reforça o que discutimos anteriormente a partir das ideias de Vigotski. Para ele,

um conceito representa uma categoria de objeto, de eventos ou de situações e pode ser expresso por uma ou mais de uma palavra. Para alguns, essa representação é mental; para outros, ela é linguística e pública. O conceito é a unidade primeira do pensamento e do conhecimento: só pensamos e conhecemos na medida em que manipulamos conceitos. Observemos aqui que se pode falar de conceitos pelo menos em dois casos: há um conceito de CÃO que eu possuo, um conceito relativamente simples comparado ao conceito de CÃO da zoologia atual (HARDY-VALLÉE, 2013, p. 16).

O conceito de CÃO que nós possuímos e adquirimos ao longo de nossas experiências (diretas ou indiretas) com os cães, considerado relativamente simples, trata-se do conceito espontâneo de cão, da forma como nos apropriamos espontaneamente do termo sem nos preocuparmos com a explicação do seu significado. O conceito aplicado pela zoologia, mais amplo e abstrato que o conceito espontâneo de cão, refere-se ao que Vigotski denomina de conceito científico/escolar, aquele que transcende a percepção e dá sentido a ela.

Em síntese, um conceito está para além da soma de vínculos associativos, é um ato de generalização que envolve diferentes níveis de abstração; quanto mais abstrato um conceito, maior o grau de generalidade e amplitude do sistema conceitual no qual está inserido. A nosso ver, o conceito é uma expressão associada a um significado cujo processo de formação envolve a mobilização e relação entre as funções da consciência, entre elas, em especial, o pensamento e a linguagem. A conceituação é caracterizada por um complexo processo de reconhecimento de atributos particulares e essenciais que, através de abstrações e síntese posterior, possibilita a construção de um significado que abarque todos os exemplares de um dado conceito.

2.1.3 Contribuições da História e Filosofia da Ciência para o esclarecimento dos conceitos científicos

As críticas relacionadas à educação científica tradicional e as dificuldades apresentadas por estudantes na compreensão dos conceitos científicos tem suscitado propostas de novas abordagens de ensino, entre elas, a Abordagem Contextual, que corresponde à educação científica fundamentada pela História e Filosofia da Ciência (HFC). Embora seja antigo o interesse em introduzir a abordagem contextual no ensino de ciências, esse processo não ocorreu de forma contínua; houve distanciamentos e reaproximações entre a História e Filosofia da Ciência e a educação científica (FREIRE JR, 2002; OKI, 2006).

Somente no século XX, ao final da década de 40, trabalhos fundamentados na abordagem contextual começaram a repercutir. Neste período, o químico e educador James Connant introduziu no processo de ensino o estudo de episódios da História da Química que ficaram conhecidos como *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Destacam-se, entre os possíveis precursores da abordagem contextual cientistas e/ou filósofos como Ernst Mach, Gerald Holton, James Conant, John Dewey, Joseph Schwab, Paul Langevin, Pierre Duhem, Wilhelm Ostwald, entre outros, (FREIRE JR, 2002; MATTHEWS, 1994; OKI, 2006).

Michael Matthews, um dos principais pesquisadores da Abordagem Contextual, afirma que o ensino de ciências deve incluir o **ensino sobre** as ciências (MATTHEWS, 1994; OKI, 2006). Corroborando a ideia de Matthews, Oki (2006, p. 29) entende que

o ensinar sobre as ciências inclui tanto a discussão da dinâmica da atividade científica, da sua complexidade manifestada no processo de produção de hipóteses, leis, teorias, conceitos, etc., quanto da justificação, validação, divulgação e aceitação do conhecimento científico produzido. Não é ensino dos resultados da ciência, mas envolve alguma compreensão da dinâmica inerente à produção do conhecimento.

Sobre a importância da abordagem histórica e filosófica dos conceitos científicos para o desenvolvimento do estudante, pode-se afirmar que a abordagem contextual possibilita: 1) a humanização da ciência e o enriquecimento cultural, passando a assumir o elo capaz de conectar ciência e sociedade (OKI; MORADILLO, 2008); 2) aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo o desenvolvimento do pensamento crítico; 3) um entendimento mais integral da matéria científica, favorecendo a superação da falta de significação que tem inundado as salas de aulas onde fórmulas, equações e os conceitos são

recitados sem que os estudantes saibam o que significam (MATTHEWS, 1995).

Quanto ao processo psicológico de significação, entendemos que ao compreender o modo como os conceitos científicos surgem e se estruturam, é possível que os estudantes compreendam a construção dos significados oriundos da ciência.

A História da Ciência nos mostra que em determinado contexto sócio-histórico, a impossibilidade de comprovar experimentalmente o conhecimento desfavorecia o seu reconhecimento pela comunidade científica. No século XIX, período em que predominava o positivismo, a experimentação era o critério de demarcação entre o científico e não científico, noutros termos, era preciso ver/comprovar para crer/aceitar. Hoje, sabemos que a ciência não é capaz de demonstrar todos os seus conceitos experimentalmente devido ao seu alto nível de abstração. Portanto, um dos maiores progressos da ciência foi libertar o pensamento das fronteiras da experiência direta, sensorial (MATTHEWS, 1995). Essa libertação do campo sensorial também é um dos desafios que os docentes enfrentam na abordagem dos conceitos científicos, uma vez que o apego à concretude das experiências dificulta o desenvolvimento do pensamento conceitual, aquele que, segundo Vigotski, envolve generalizações de alto nível de abstração.

Em Matthews (1995 apud Mach, 1943) também encontramos a expressão *ensinar-se menos para se aprender mais*, entretanto, há controvérsias em relação à quantidade de conteúdos que precisam ser abordados na escola, sobretudo, no Ensino de Química. Partindo da premissa de que quantidade não implica qualidade, entendemos que refletir sobre a quantidade dos conteúdos e sobre quais conteúdos devem ser abordados nos programas escolares, não significa esvaziar a escola de seu papel social em relação ao processo de transmissão de conhecimentos. Se analisarmos a eficácia do processo de ensino, notaremos que boa parte dos estudantes possui dificuldades na assimilação dos significados/conceitos trabalhados e não conseguem aplicá-los nas mais variadas situações. Neste sentido, além de contribuir na construção desses significados, a HFC podem favorecer o reconhecimento dos conceitos estruturantes e um melhor planejamento dos conteúdos apresentados nos currículos.

Vale destacar que as discussões sobre a importância da História e Filosofia da Ciência para o ensino de ciências têm provocado mudanças nos currículos das universidades e impactado também os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação. Entretanto, a falta de material didático que contemple o conteúdo da ciência à luz de pressupostos históricos e filosóficos, sobretudo nas escolas básicas, é um fator questionador. É possível perceber que parte dos trabalhos que abordam os conteúdos dentro desta perspectiva é oriunda de pesquisas realizadas em

programas de pós-graduação.

Sabemos que um conceito se forma durante a resolução de um problema (VIGOTSKI, 2009). Ora, a História da Ciência nos apresenta o relato dos problemas que deram origem aos conceitos, assim como, as soluções encontradas. Desse modo, torna-se possível reviver parcialmente as experiências vinculadas ao conceito sob estudo e apreciar as percepções, idealizações e abstrações que fizeram parte da construção deste conceito. Neste sentido, a História da Ciência (HC) e a Filosofia da Ciência (FC) podem contribuir para a elucidação dos conceitos das ciências e, conseqüentemente, dos conceitos científicos vigotskianos, posto que estes derivam daqueles.

Do ponto de vista filosófico, o conceito não pode perder seu caráter geral, nem ser visto como conclusão: ele é introdutório (HARDY-VALLÉE, 2013). Admitir que o conceito é introdutório significa reconhecer que na ciência as verdades tão desejadas são dinâmicas e portanto, provisórias. Partindo deste pressuposto, acreditamos que a História e Filosofia da Ciência podem contribuir na compreensão da dinâmica inerente ao processo de construção dos conceitos e do sistema do qual fazem parte.

A Filosofia da Ciência pode favorecer o esclarecimento das correntes de pensamento que influenciaram as percepções dos cientistas e as elaborações das interpretações dos dados empíricos. Ao tomar conhecimento dos movimentos entre percepção e concepção dos cientistas, da elaboração dos termos conceituais, vai-se construindo o sistema conceitual de modo justificado, ou seja: consciente.

O estudo da química abordado pela origem e desenvolvimento de seus conceitos, permite que os estudantes adquiram uma visão menos deformada do trabalho científico, contribuindo para o rompimento da visão de uma ciência produtora de verdades inabaláveis, uma vez que o conhecimento científico é algo comprovado provisoriamente e reflete o cenário epistemológico no qual está inserido (GIL-PÉREZ et al., 2001).

Ao analisar livros didáticos de química, Tavares e Rogado (2005) verificaram que a forma como os conteúdos são abordados têm contribuído para a formação de noções distorcidas em relação ao conceito de substância. Uma das razões sinalizadas por estes autores corresponde à ausência da abordagem sócio histórica no tratamento deste conceito. Para eles, a História das Ciências tem como função promover o pleno entendimento do aluno em relação ao processo de elaboração do conhecimento, sendo determinante o aparecimento de ideias contraditórias e descontínuas no estabelecimento das teorias científicas.

Ao reconhecermos que o conceito constitui-se em um vínculo entre uma expressão e um significado (VIGOTSKI, 2009; LURIA, 1979), a partir da História e Filosofia da Ciência

é possível perceber que a expressão de um termo conceitual (a palavra substância, por exemplo) permanece a mesma apesar de apresentar, ao longo de sua construção, vínculos distintos com diferentes significados.

Em vista da importância do conceito de substância para o Ensino de Química e dos desafios encontrados tanto na abordagem do conteúdo quanto na aprendizagem, buscaremos na História da Química e na Filosofia da Ciência subsídios que nos permitam compreender o desenvolvimento do sistema conceitual no qual o conceito de substância está inserido e o significado adequado ao termo substância química.

2.2 O CONCEITO QUÍMICO DE SUBSTÂNCIA

O interesse em compreender a composição da matéria é antigo e com o desenvolvimento da ideia de composição material surgiram conceitos como o de substância e elemento, cujas raízes epistemológicas, estiveram associadas, durante muito tempo, à ideia de essência concebida por Aristóteles (ARISTÓTELES, 2006). Reconhecemos que a discussão aristotélica sobre a essência das coisas teve seus desdobramentos e contribuiu na construção de um significado para o termo substância filosófica, porém, não contribuiu significativamente para o atual conceito químico de substância. Neste trabalho, apresentamos o desenvolvimento do conceito de substância química levando em consideração seus aspectos históricos e filosóficos específicos da Química. Por isso, exporemos brevemente os diversos contextos e os significados construídos para o termo substância enfatizando o período desenvolvido a partir do século XVIII, quando se inicia a elaboração do conceito atual.

As primeiras ideias sobre substância surgiram em um contexto filosófico e metafísico. A concepção embrionária deste conceito pode estar relacionada às especulações sobre a existência ou essência dos materiais, pensamento que perdurou por toda a história ocidental desde Aristóteles (384-322 a.C.) até Descartes (1596-1650) (SILVERA, 2003).

A busca pelo entendimento acerca da origem do universo e a sua composição originou interpretações sobre a natureza dos materiais e a sua constituição. Para Aristóteles,

Aquilo de que todas as coisas consistem, de que procedem primordialmente e para o que, por ocasião de sua destruição, são dissolvidas em última instância, permanecendo a essência, ainda que modificada por suas afecções – isso, dizem, é um elemento e princípio das coisas existentes. Daí acreditam que nada é gerado ou destruído, uma vez que essa entidade primária conserva-se sempre (ARISTÓTELES, 2006, p.50).

A conservação de uma entidade primária – princípio material – parece associar-se a um tipo de entidade elementar, entendida como a essência dos materiais que, associada à ideia

de composição material, aparece na obra de Aristóteles ora como substância, ora como elemento, o que nos permite inferir que a confusão existente entre este par de conceitos é antiga e anterior à construção científica de seus significados.

Diferentes concepções sobre os princípios materiais, pensadas ao longo da história da humanidade, apontam para interpretações distintas acerca da essência da matéria. Para Tales de Mileto (639-546 a.C.), a *água* era a causa de todas as coisas, a substância primordial que constituía a essência do universo. Para Anaxímenes (611-545 a.C.), discípulo de Tales, a substância primária responsável pela origem de todas as coisas era o *ar*, enquanto para Heráclito de Éfeso (535-475 a.C.), o pensador do *panta rei* (“tudo flui”), para quem o mundo encontrava-se em constante movimento, o *fogo* era o elemento responsável pela mudança, aquele que originaria todas as coisas.

Diferentemente dos filósofos anteriores que buscavam eleger um tipo de “substância” primária, Empédocles (490-435 a.C.) acreditava que a origem do universo poderia ser explicada pela união dos elementos que originavam todos os materiais, como a água, o ar, o fogo e a terra. Entretanto, há controvérsias sobre a origem da Teoria dos Quatro Elementos. Embora seja comum atribuírem-na a Empédocles, Partington (1989) afirma que Anaxímenes (560-500 a.C.) foi o responsável por introduzir a ideia das quatro raízes das coisas (fogo, ar, água e terra) e da atração e repulsão como as forças que compunham e separam os materiais.

Ainda no século V a.C., Leucipo de Mileto e seu discípulo Demócrito (460-370 a.C.) aparecem como os mais relevantes expoentes do atomismo, uma vez que, para eles, todos os materiais eram constituídos por partículas indivisíveis, ou seja, caso a matéria fosse dividida e subdividida sucessivas vezes, chegar-se-ia a uma partícula indivisível, denominada átomo.

O século V europeu foi um período marcado por mútuas influências de ideias oriundas dos gregos e dos povos orientais, incluindo aspectos místicos e religiosos. Este contexto, que se alongou até o século XV (Idade Média), propiciou o surgimento das ideias alquímicas no ocidente que, influenciadas pela concepção aristotélica acerca da essência das coisas, incluíam a noção de substância como essência e do elixir da vida eterna (SILVA, 2011; LEICESTER, 1967; PARTINGTON, 1989; GOLDFARB, 2002).

O esforço em conhecer a essência da matéria continua sendo uma das principais atividades dos químicos, que estão envolvidos em problemas classificatórios e encaram o desafio de distinguir e caracterizar as substâncias existentes na natureza. A identificação química exige o conceito de identidade das espécies, que é característico de seu contexto sócio-histórico.

O espírito pré-científico atribuiu à substância tanto a qualidade percebida pelo

realismo do olhar, como a qualidade oculta que encerra, no seu interior, a causa do fenômeno observado (SILVEIRA, 2003). No período alquímico, acreditava-se que a substância tinha um interior, o que despertou nos alquimistas o desejo de “abri-la” a fim de desvendar os segredos da matéria. De acordo com Oliveira (1995, p.8),

Tratava-se de buscar a chave que permitiria ao homem esclarecer os mais recônditos segredos da matéria, como se esta fosse um cofre ou uma espécie de caixa-de-Pandora às avessas que, uma vez aberta, espalharia o bem pelo mundo afora.

As práticas alquímicas contribuíram para a descoberta de diversos materiais e elaboração de técnicas laboratoriais que até hoje são utilizadas no processo de produção do conhecimento químico. Mesmo como ecletismo associado às formas de pensamento daquela época, a Alquimia deve ser considerada como uma corrente que trouxe grandes contribuições e possibilitou o desenvolvimento da Química, sobretudo no aspecto medicinal oriundo dos estudos de Paracelsus (1493-1541), principal representante da iatroquímica.

O século XVII foi caracterizado por uma transição entre a Alquimia e a ciência Química, com destaque para os trabalhos desenvolvidos por Robert Boyle (1627-1691), para quem as substâncias eram formadas por corpúsculos elementares que se uniam de uma forma tão íntima, que nem o fogo nem outro método de análise poderiam separá-las (DUHEM, 2002).

Podemos perceber que a partir do século XVII a substância passou a ser concebida por meio da decomposição material. No século seguinte, Antoine Lavoisier (1743-1794) se destacou como um dos principais fundadores da Química Moderna devido à grande contribuição dada ao desenvolvimento do conhecimento químico, cujos estudos foram impactados pela precisão qualitativa e quantitativa de suas investigações. A descoberta e a caracterização de novas substâncias possibilitaram o entendimento do conceito de substância química a partir do critério de natureza operacional (LAVOISIER, 2007, p. 20-21, grifo nosso):

Ninguém deixará de ficar surpreso de não encontrar em um Tratado Elementar de Química um capítulo sobre as partes constituintes e elementares dos corpos; mas ressalto aqui que essa tendência que temos de querer que todos os corpos da natureza só sejam compostos de três ou quatro elementos está ligada a um preconceito que nos vem originariamente dos filósofos gregos. A admissão de quatro elementos que, pela variedade das suas proporções, compõem todos os corpos que conhecemos é uma pura hipótese imaginada muito tempo antes que se tivessem as primeiras noções da Física experimental e da Química.

[...]

Uma coisa muito notável é que, ensinando a doutrina dos quatro elementos, não há químico que, pela força dos fatos, não tenha sido levado a admitir um número ainda maior.

[...]

Tudo o que se pode dizer sobre o número e a natureza dos elementos se limita, a meu ver, a discussões puramente metafísicas: nos propomos a resolver problemas indeterminados, que comportam uma infinidade de soluções, mas é muito provável que nenhuma, em particular, esteja em acordo com a natureza. Eu me contentarei, portanto, a dizer que se pelo nome de elementos pretendemos designar as partículas simples e indivisíveis que compõem os corpos, é provável que não os conheçamos; se, ao contrário, juntamos ao nome de elementos ou princípios dos corpos a ideia do último termo a que chega a análise, **todas as substâncias que ainda não podemos decompor por algum meio são para nós elementos**. Não que possamos garantir que esses corpos que temos como simples não sejam, eles mesmos, compostos de dois ou até de um maior número de princípios, já que esses não se separam, ou melhor, não temos meios de separá-los, são para nós corpos simples. Não os devemos supor como compostos senão quando a experiência e a observação nos tenham fornecido a prova.

A concepção moderna de composição química surgiu, então, em fins do século XVIII, com a noção operacional de simplicidade material introduzida por Lavoisier (2007): um material é considerado elementar — um elemento químico, uma substância simples⁹ — se não pode ser decomposto por meios físico-químicos. Isto significa que os materiais podem ser classificados em simples (elementares) e compostos, estes, decomponíveis em materiais simples.

A decomposição de um material pode ser realizada através de diversos procedimentos, desde os métodos clássicos — destilação, filtração, sublimação, cristalização, extração, etc. — até as atuais técnicas mais avançadas, como a cromatografia e eletroquímica.

A determinação da composição de um material requer que a análise conduza aos componentes puros, no sentido de cada componente ser apenas ele próprio, sem contaminação. Quando decompos uma mistura e obtemos um conjunto de materiais estáveis e purificados, significa dizer que obtivemos um conjunto de substâncias que podem ser simples ou compostas. As substâncias que podem ser decompostas por métodos mais energéticos que aqueles empregados na sua separação são consideradas compostas.

É importante salientar a relação entre decomposição e purificação dos materiais. Do ponto de vista da Química, quando submetemos um material a um processo de separação, estamos purificando seus componentes. Purificar um material significa obtê-lo em separado,

⁹ Elemento e substância simples serão empregados neste trabalho como sinônimos, a exemplo de Lavoisier. Contudo, reconhecemos que o termo elemento admite mais de um conceito (SCERRI, 2009), incluindo-se aqueles constantes no Compêndio de Terminologia Química da IUPAC (2014): **chemical element**: 1. A species of atoms; all atoms with the same number of protons in the atomic nucleus. 2. A pure chemical substance composed of atoms with the same number of protons in the atomic nucleus. Sometimes this concept is called the elementary substance as distinct from the chemical element as defined under 1, but mostly the term chemical element is used for both concepts. A discussão acerca das diferenças entre os conceitos de elemento e substância simples é extensa e foge ao objetivo e ao escopo deste trabalho.

isoladamente. A separação dos componentes de um material conduz ao isolamento de cada componente em estado puro. Um material puro só contém a si mesmo. Portanto, em primeira aproximação, definimos *substância como material puro e, mistura, como material impuro, ou seja: uma mistura é um sistema material composto por mais de uma substância.*

A destilação é um dos métodos de separação que nos permite discutir a importância das propriedades físicas na obtenção de substâncias e de materiais com diferentes graus de pureza. Considere uma solução líquida a ser destilada, composta por duas substâncias que apresentam volatilidades diferentes, e conseqüentemente, diferentes temperaturas de ebulição, uma vez que a quantidade de energia necessária para passá-las do estado líquido para o gasoso não é a mesma. Ao aquecer o material, as substâncias sofrerão vaporização seguida de condensação, e obteremos, nas primeiras frações do destilado, uma mistura mais rica que a original quanto à substância mais volátil, ou seja, o material coletado apresentará impurezas. Se o objetivo do processo de purificação é separar as substâncias (obtê-las isoladamente), deve-se coletar as frações iniciais do destilado e submeter este material a novas destilações. Sucessivas destilações tornarão o material cada vez mais rico em relação à substância mais volátil que, então, irá ficando cada vez mais próxima da pureza total. Quanto maior o número de etapas de separação pelas quais o material passar, maior será o seu grau de pureza.

Uma mistura destila com variação da temperatura de ebulição. À medida que a fração obtida torna-se mais pura ao ser destilada novamente, verifica-se que a variação da temperatura de ebulição do material destilado torna-se menor e tende a um valor constante enquanto continuamos destilando/purificando o material. Quando a temperatura se mantiver constante durante seguidas transições de fase, será uma indicação de que o material que está sendo destilado não passa mais por mudanças, ou seja: já não é mais uma mistura e, então, será possível afirmar que o material está puro, que se trata de uma substância.

Do ponto de vista da Química, um material é considerado puro, quando passa por testes de pureza, ou seja, quando é submetido a tentativas de purificação que não produzam resultados reconhecíveis, a exemplo da constância da temperatura de ebulição citada acima. Uma vez que operações empíricas possuem limitações definidas pelos instrumentos com as quais são realizadas, conclui-se que, a pureza de um material fica determinada pelos limites dos meios de detecção dos resultados das operações de purificação (SCHUMMER, 1998).

A extrapolação desse critério operacional de pureza ao plano ideal conduz ao conceito de substância como um material que passa por processos de purificação que separam todos os componentes da mistura original, sem deixar quaisquer resquícios. Isso nos permite

compreender as substâncias como uma idealização que representa um modelo químico dos materiais, uma vez que, na prática, não é possível a obtenção de materiais com a garantia de serem 100% puros (SILVA et al., 2007).

No período de 1900 a 1950, a forma canônica de caracterização de uma substância consistia em seis tipos de informações: 1. descrição detalhada de sua preparação, purificação e rendimento; 2. análise elementar e fórmula empírica; 3. ponto de fusão e ebulição; 4. cor e forma cristalina; 5. solubilidade em vários solventes; 6. reações tipicamente exemplares (SCHUMMER, 2002). Ainda hoje, se utilizam alguns dos procedimentos acima nas aulas experimentais de Química para identificar uma substância.

Do tempo de Lavoisier aos dias atuais, ocorreram modificações consideráveis nos métodos de purificar as substâncias. Com o refinamento das técnicas de purificação, o que antes era considerado como um material puro pode ser caracterizado como uma amostra impura, uma vez que diferentes técnicas de separação determinam diferentes padrões de pureza (SCHUMMER, 2007).

A fim de traçar os diferentes momentos do desenvolvimento do conceito de substância, Silveira (2003) elaborou um perfil epistemológico para o conceito, salientando que as especulações filosóficas sobre a essência das coisas podem ter influenciado as primeiras ideias sobre o conceito de substância (PARTINGTON, 1989 apud SILVEIRA, 2003). Partindo deste pressuposto, o primeiro momento do perfil é caracterizado pela fase metafísica (substância metafísica), onde a elementaridade da matéria estava ligada a um substancialismo/essencialismo oculto.

O segundo momento do perfil epistemológico é caracterizado pelo empirismo positivista, onde a substância é interpretada em termos de experimentação e observação (ver citação anterior de Lavoisier). Silveira (2003) destacou a contribuição de Lavoisier (baseado nos trabalhos de Black, Priestley, Cavendish e outros) na definição operacional de substâncias simples e compostas, pois, ao estudar a composição da água, percebeu que esta não se tratava de uma substância simples e poderia ser decomposta em espécies mais elementares. Neste sentido, a simplicidade material aparece como resultado de um procedimento operacional, onde a substância é caracterizada a partir de observações e resultados de operações empíricas.

Em síntese, esta perspectiva filosófica do empirismo claro para o conceito de substância se caracteriza pelo fato das substâncias poderem ser classificadas em simples, pela qualidade de indecomponível, e compostas, como a combinação entre os “elementos” ou substâncias elementares (SILVEIRA, 2003, p.63).

A terceira fase do perfil, caracterizada pelo momento epistemológico relacionado ao

ultrarracionalismo, apresenta a substância baseando-se na fenomenotécnica bachelardiana, onde o real é construído a partir da técnica e de modernos equipamentos (SILVEIRA, 2003). Enquanto o período clássico foi marcado pela identificação das substâncias por meio da decomposição material, este momento do perfil é caracterizado pelo planejamento e síntese de novas substâncias pelo conhecimento da composição e propriedades dos materiais. Quanto à abordagem do conceito em estudo, o autor salienta que

se poderia construir o conceito de substância a partir de uma perspectiva macroscópica, através de suas propriedades, seguindo uma escala evolutiva de acordo com os três momentos epistemológicos discutidos neste trabalho, até onde fosse necessária a compreensão de modelos microscópicos para entender as substâncias e suas transformações (SILVEIRA, 2003, p.84.).

Assim como Silveira (2003), Silva (2011) contemplou o desenvolvimento do conceito de substância a partir de rupturas ocorridas ao longo de seu processo de construção. Em seu trabalho, destacou as principais transformações pelas quais o conceito passou, apresentando a influência da concepção filosófica essencialista, seguida do empirismo racional (primeira ruptura) e por último, abordou a substância e suas propriedades de forma relacional (segunda ruptura). O autor salientou que a partir do século XX a substância química passou a ser vista como algo relativo:

Ao entrarmos na química do século XX, percebemos que as propriedades que até então eram tidas como base central nas definições acerca das substâncias não são próprias das mesmas, mas podem variar segundo as condições do sistema ou a presença de outras substâncias no meio. As propriedades que, ainda hoje, tomamos como padrão para algumas substâncias são relacionais. Percebemos que a substância está em constante mudança e relacionando-se sempre com a energia [...]

A relação estreita entre matéria e energia nos leva a ver a substância como algo que está sempre variando de forma e propriedades e não como uma entidade molecular estável, de forma fixa e com propriedades constantes, como costumamos a representar. Um exemplo disto são as conformações de algumas moléculas orgânicas (SILVA, 2011, p.92).

Concordamos com a importância de se considerar o meio e as influências na determinação das propriedades, conforme destacado pelo autor na citação acima. Entretanto, substância química costuma ser definida com base em suas *propriedades físicas*, ou seja, como um material de composição constante, caracterizado por entidades (moléculas, átomos, íons) e propriedades físicas como densidade, índice de refração, condutividade elétrica, ponto de fusão, etc. (IUPAC, 2014).

Isto significa que se considerarmos a substância como um material puro (de composição constante/constituído apenas por ele mesmo), poderemos identificá-la através de um conjunto característico de propriedades físicas, que constituem um indício da pureza material. Se cada substância tem um conjunto de propriedades que a caracteriza, discordamos

de Silva (2011) ao considerar suas propriedades quando misturada com outras substâncias, uma vez que as propriedades físicas caracterizam o material puro, isolado.

Entendemos, teoricamente, que as partículas que constituem as substâncias não são estáticas e se encontram em constante movimento, o que pode originar estruturas/conformações que apresentam diferentes estabilidades, sendo predominante aquela que apresentar um nível energético mais baixo. Por isso, quando utilizamos uma fórmula química para caracterizar uma substância, não queremos significar que esta é constituída por um único tipo de espécie química. Por exemplo, ao considerarmos a água como uma substância, utilizamos a fórmula química H_2O para representá-la, o que não significa que teremos apenas moléculas de H_2O em sua composição, mas também íons H_3O^+ e íons OH^- devido ao processo de autoionização: $\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$. Como estes constituintes estão relacionados por um equilíbrio químico, H_3O^+ e OH^- estão vinculados a H_2O , ou seja, se referir à molécula H_2O é referir-se implicitamente às espécies iônicas H_3O^+ e OH^- . Contudo, apesar da pluralidade de constituintes coexistentes, é usual que a substância seja representada pelo constituinte predominante, o qual correspondente à sua fórmula empírica.

Do ponto de vista teórico, uma substância costuma ser definida como uma porção da matéria que tem um e somente um tipo de constituinte, o que está coerente com o fato de ser considerada pura. No entanto, caracterizar teoricamente uma substância não é uma atividade simples. Conforme mencionamos, a água pura não contém apenas moléculas de H_2O , o que nos faz perceber que a definição de substância como um conjunto de moléculas de um só tipo ou espécie, a caracteriza como um material que possui partículas de mesma estrutura, o que nem sempre ocorre.

Para Schummer, (1998) as abordagens empíricas (determinação das propriedades físicas da matéria) e teóricas (uma amostra de uma substância química pura consiste em espécies químicas de um só tipo) não são suficientes para determinar se uma amostra desconhecida é uma substância ou mistura. É necessário passar por um processo de purificação. Trata-se de um critério de natureza operacional/experimental utilizado para classificar os materiais e determinar sua composição em termos de pureza.

Embora a identificação da substância seja feita por meios operacionais, deve-se evitar uma visão da Química como uma ciência predominantemente experimental, uma vez que toda experiência está vinculada a referenciais teóricos que sistematizam o conhecimento químico.

Desse modo, podemos conciliar a definição de substância como material puro (aspecto macroscópico) associando-a aos seus constituintes (aspecto microscópico), adotando uma terceira formulação: **substância química é um material puro que apresenta composição**

constante e propriedades físicas com valores característicos sob condições especificadas, cuja representação é feita pela espécie química predominante que corresponde à sua fórmula química. Vale destacar que a substância pode apresentar em sua composição, constituintes relacionados entre si por equilíbrios químicos.

Ao escolher uma espécie química como representante da substância, estamos definindo-a como aquela espécie cuja concentração pode variar independentemente, ou seja: como o componente predominante do sistema material.

2.2.1 Discussão histórico-cultural acerca do conceito de substância

De acordo com a teoria histórico-cultural, os conceitos se caracterizam por meio das condições nas quais são construídos. Vimos que diferentes origens conduzem a desenvolvimentos distintos; conceitos oriundos de experiências cotidianas tendem a ser utilizados de forma espontânea, ao passo que os conceitos escolares, vistos de forma sistematizada, podem favorecer ao indivíduo maior capacidade de explicar sua generalização e abstração. Neste tópico, iremos abordar o conceito químico de substância a partir das contribuições de Vigotski (2009), quanto à natureza dos conceitos, e das teorias de conceitos apresentadas por Hardy-Vallée (2013).

Quimicamente, conceituamos o termo substância como um material puro que apresenta composição constante e propriedades físicas características, cuja representação é feita pela espécie química predominante que corresponde à sua fórmula química. Nesta definição podemos perceber a relação entre substância, material puro, propriedades físicas, pureza e constituinte, compondo parte do seu sistema conceitual. Vale destacar que as palavras substância, material puro e pureza podem ser utilizadas em diversos contextos e representar diferentes significados, apresentando vertente científica ou espontânea.

Se pegarmos um dicionário de língua portuguesa (BORBA, 2004), encontraremos que **pureza** é qualidade ou estado do que é puro ou sem mistura, limpidez, transparência e que **purificar** significa tornar puro, livrar de impureza. O termo **puro** aparece como sem mistura e sem alteração, sem impurezas, não contaminado, claro, límpido, transparente, sozinho. Como se vê, estas definições apresentam tanto a vertente espontânea (pureza associada à transparência; puro como claro, límpido) bem como significados que lembram a vertente científica (puro como material que não tem impurezas; exclusivo; só).

A palavra **substância** também pode apresentar significados diferentes. É comum se referirem a ela como algo que dá “sustança”, algo essencial à vida, o que caracteriza uma das

concepções espontâneas associadas a este termo. Podemos perceber que as palavras **pureza** e **substância** possuem significados *diferentes* que dependem do contexto e do uso, o que irá interferir no processo de generalização e nível de abstração destes conceitos. Para compreender o significado apresentado por estudantes do curso de Licenciatura em Química acerca do termo substância, nos interessa saber até que ponto os discentes desenvolveram o significado científico, pois, sabendo que o conceito em estudo apresenta uma vertente espontânea, é possível que o aluno permaneça no nível espontâneo.

O conceito de mistura como material impuro, formado por mais de uma substância, depende do conceito de substância e da noção de pureza adotada. O caso da água é exemplar. A água doce bruta, encontrada em rios, lagos, lençóis e fontes subterrâneas não costuma ser adequada para o consumo humano (água potável) e é submetida a tratamento antes de ser distribuída ao público das cidades. Esse tratamento é um conjunto de “processos de purificação” da água: retirada de partículas sólidas, eliminação de microrganismos e ajuste da acidez. Nas casas, a água tratada é considerada adequada para lavagem. Para ser bebida, a água purificada é submetida à nova purificação através de um filtro mais fino e nova esterilização (as velas dos filtros costumam conter um material esterilizante). Entretanto, se a água destina-se a um bebê, costuma-se fervê-la para ter-se maior garantia quanto à redução de microrganismos. Nota-se que a água que é considerada pura para uma finalidade pode ser impura para outra. Neste caso, *o conceito de pureza é relativo, apresentando-se como um conceito espontâneo (do senso comum)*. Do ponto de vista químico, um material é puro quando passa pelos processos de purificação, originando uma só substância.

A água a ser empregada em trabalhos de laboratório químico, além dos tratamentos usuais da água potável, é submetida a uma ou mais destilações ou processos de deionização que a tornam muito mais isenta de partículas microscópicas. Tais processos, contudo, não eliminam os íons H_3O^+ e íons OH^- .

Em livros didáticos de Química, as etapas do tratamento da água costumam ser associadas aos processos de purificação e separação de misturas, o que pode dificultar a compreensão da purificação material do ponto de vista químico, uma vez que, neste contexto, a pureza material é concebida de acordo com a sua concepção espontânea. O termo *água pura* refere-se a material limpo, sem contaminação, adequado para o consumo (concepção espontânea). Ao considerarmos material puro como aquele constituído por uma única substância (concepção científica), sabemos que ao adicionarem novas substâncias à água para o ajuste de acidez e controle de qualidade, será obtida uma mistura de substâncias ao invés da água quimicamente pura, a substância H_2O .

Queremos chamar atenção que, ao contemplar o tema purificação da água, a concepção espontânea de purificação é enfatizada. Quando afirmamos anteriormente que o tratamento da água é um conjunto de processos de *purificação*, embora utilizemos a concepção espontânea, o fizemos de forma consciente, porque fazemo-lo de modo voluntário e justificado, referindo-nos à adequação da água para o consumo.

O desenvolvimento histórico e filosófico do conceito de **substância** aponta para a construção de diferentes significados associados a esta **palavra**, que desde o princípio esteve relacionada à concepção essencialista e de identidade material. Se concebermos a substância na perspectiva de Lavoisier (2007) e Shummer (1998; 2002), como um limite a que chega a decomposição material (considerando a decomposição como a separação/obtenção das substâncias a partir de uma mistura), notaremos que a concepção identitária permanece, pois o que identifica o material puro é a existência de uma única substância.

O significado químico do termo substância, assim como seus significados espontâneos, apresentam **invariantes** psicológicos e linguísticos (HARDY-VALLÉE, 2013). Conforme escrevemos anteriormente, *o invariante psicológico se caracteriza pela estrutura da consciência, considerando que o conceito se situa na mente humana e evolui com o desenvolvimento do pensamento*. Na medida em que o pensamento e as demais funções do psiquismo evoluem, a estrutura da consciência se modifica. Se a expressão do pensamento ocorre pela comunicação dos significados das palavras, consideramos que o conceito, além de possuir o invariante psicológico, apresenta o invariante linguístico, pois são as diferentes formas de expressão que possibilitam a verbalização do pensamento. Neste caso, o pensamento é apresentado como uma atividade que utiliza signos cuja natureza é *linguística* (HARDY-VALLÉE, 2013), a saber: substância.

O invariante, sendo diretamente inacessível, se exterioriza como **critérios** utilizados para introduzir um material na classe das substâncias: entendemos que **a pureza** (material constituído dele mesmo), **o conjunto de propriedades físicas constantes** e **a existência de um constituinte representativo**, são, individualmente, *condições necessárias* para um material ser considerado uma substância, e em conjunto, formam *condições suficientes* para afirmar que um material se trata de uma substância.

Partindo da premissa de que o conceito científico é uma generalização que envolve níveis elevados de abstração (VIGOTSKI, 2009) e que a estrutura de generalização correspondente pode ser construída por meios distintos (HARDY-VALLÉE, 2013), no que tange **à aquisição e ao formato**, consideramos que o conceito químico de substância é adquirido por meios empíricos e racionais: o primeiro, porque a identificação de uma

substância ocorre por métodos experimentais; o segundo, porque o conceito é definido a partir da composição de seus constituintes elementares, como atividade do pensamento que se aplica aos exemplares da categoria sem, necessariamente, requerer uma representação sensível das espécies químicas. Desta forma, o conceito de substância apresenta em sua definição a relação entre os níveis macroscópico e microscópico dos materiais, ou seja, é uma generalização que envolve diferentes níveis de abstração. Quando a defino como material puro/purificado, a concebo do ponto de vista macroscópico, cujo critério de obtenção é de natureza empírica. Quando a defino relacionando-a aos seus constituintes, o significado é construído do ponto de vista microscópico, considerando a sua elementaridade.

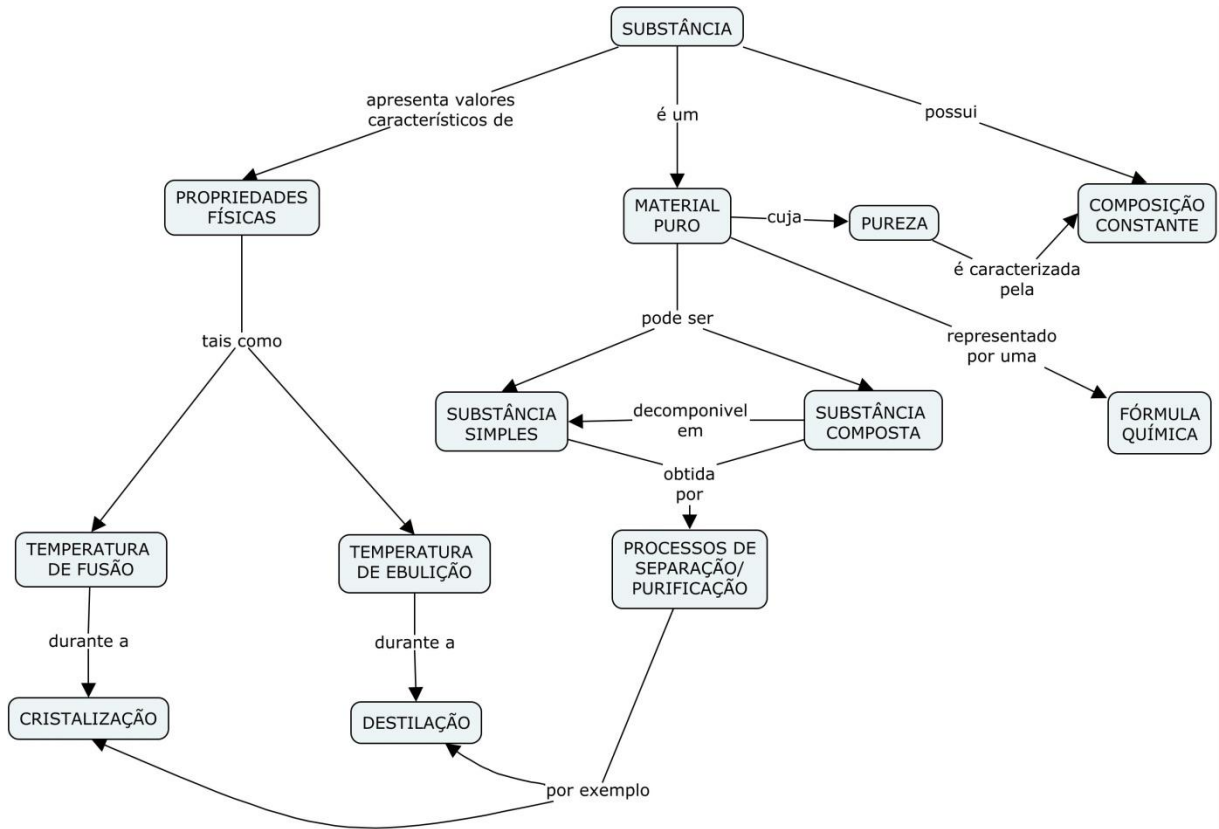
Analisando as possíveis *funções* de um conceito, podemos afirmar que o conceito de substância apresenta as funções epistemológica e linguística; a primeira por estar relacionada ao processo de construção do conhecimento químico: não se faz química sem o conceito de substância; a segunda por possibilitar os processos de comunicação e significação, características inerentes ao processo de formação de conceitos.

Vimos que para conceituar um termo precisamos nos remeter a outros conceitos, isto implica que a **organização** de um conceito é feita por meio de um sistema conceitual (VIGOTSKI, 2009, HARDY-VALLÉE, 2013) cuja representação pode ser feita utilizando-se os mapas conceituais.

Para conceituar substância nos remetemos ao conceito de pureza, de material puro, às propriedades físicas, aos constituintes, aos tipos de substâncias (simples ou composta), aos processos de purificação, entre outros. Em suma: os materiais podem se apresentar como substâncias (material puro) ou misturas (material impuro). Substâncias são obtidas por separação/purificação de misturas. A pureza de um material é definida pela constância de suas propriedades físicas. Substâncias podem ser simples (não decomponíveis) ou compostas (decomponíveis em mais de uma substância simples).

A seguir, apresentamos um mapa conceitual (Figura 4) que expressa a nossa maneira de conceituar a substância do ponto de vista químico e de relacioná-la com os demais conceitos que compõem o seu Sistema.

Figura 4 – Um mapa conceitual para o conceito químico de substância



Fonte: a autora

A partir do estudo do conceito de substância e de sua interpretação baseada nos aspectos psicológicos, filosóficos e históricos, o quadro a seguir sintetiza as características discutidas acima, cujos critérios serão utilizados na análise das respostas dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

Quadro 2 – Características acerca do conceito de substância química

Vertentes	Invariantes	Critérios	Aquisição e formato	Funções
- Espontânea - Científica	- Psicológico - Linguístico	- Pureza material - Propriedades físicas constantes - Composição definida	- Empirismo - Racionalismo	- Epistemológica - Linguística

Fonte: a autora

3. DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS

Para *compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos*, adotamos nesta investigação o método de pesquisa qualitativo. A escolha metodológica deve-se ao fato desta abordagem apresentar características essenciais para a compreensão da dimensão cognitiva dos sujeitos envolvidos, tais como:

1. Ênfase nos significados que se manifestam nas produções verbais dos sujeitos pesquisados (TRIVINOS, 2007).

2. Ênfase no contexto e nas condições sob as quais ocorre a investigação, concebida como algo processual, evitando atentar-se apenas para os resultados alcançados (BOGDAN, BIKLEN, 1994; TRIVIÑOS, 2007).

3. Ênfase na descrição: a observação, os dados coletados e os resultados foram registrados em forma de palavra escrita e gravações em áudio (BOGDAN, BIKLEN, 1994). A nossa intenção no registro das observações e na transcrição cuidadosa das falas era capturar os detalhes a fim de interpretar os dados de forma fidedigna.

A pesquisa foi realizada em uma universidade baiana, tendo como sujeitos participantes estudantes do curso de Licenciatura em Química. A partir dos objetivos traçados e dos pressupostos teóricos e metodológico adotados, atuamos como observador participante. De acordo com Moreira (2002), a observação participante é uma estratégia de campo que combina a participação ativa com os sujeitos, a observação intensiva em ambientes naturais, entrevistas abertas e análise documental. Para que seja considerada um instrumento válido e fidedigno de investigação científica, a observação precisa ser, antes de tudo, controlada e sistemática. Para Ludke (1986, p.25), “isso implica a existência de um planejamento cuidadoso do trabalho e uma preparação rigorosa do observador. Planejar a observação significa determinar com antecedência "o quê" e "o como" observar”.

A seguir, detalharemos o contexto da pesquisa, os sujeitos envolvidos, assim como a coleta e a análise dos dados.

3.1 O contexto e os sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi realizada na Universidade do Estado da Bahia (UNEB), a maior instituição pública de ensino superior do estado. Fundada em 1983 e mantida pelo Governo do

Estado por intermédio da Secretaria da Educação (SEC), a UNEB, com sua estrutura multicampi, possui vinte e quatro campi distribuídos pela Bahia. O Campus I, situado na cidade de Salvador, onde realizamos a nossa investigação, é constituído por quatro departamentos de ensino, são eles: o Departamento de Educação (DEDC), o Departamento de Ciências da Vida (DCV), o Departamento de Ciências Humanas (DCH) e o Departamento de Ciências Exatas e da Terra (DCET) (BAHIA, 2009).

A escolha pela UNEB como o local de investigação aconteceu por fazermos parte do corpo docente do curso de Licenciatura em Química, o que facilitou o contato com os professores e com os estudantes.

O curso de Licenciatura em Química, lotado no DCET-I, foi criado em 1998 e organizado em quatro dimensões norteadoras: a Formação de Natureza Científico-Cultural (NCC), a Atividade de Natureza Acadêmico-Científico-Cultural (ACC), o Estágio Supervisionado (ES) e a Prática como Componente Curricular (PCC) (UNEB, 2008).

Dentre os componentes curriculares do curso, a pesquisa foi desenvolvida com estudantes de Estágio Supervisionado IV, cujo objetivo é favorecer a regência em classe em escolas do Ensino Médio, onde os estudantes deverão abordar conteúdos de Química. Escolhemos como *sujeitos da pesquisa* estudantes do componente Estágio Supervisionado IV pelas seguintes razões:

1) As aulas deste componente ocorrem no último semestre do curso e possibilitam aos estudantes: a discussão de conteúdos para o ensino de química; o planejamento de aulas, a execução das propostas elaboradas; a caracterização do contexto escolar e suas implicações no processo de ensino e de aprendizagem. Estágio Supervisionado IV é um componente que possibilita o imbricamento dos aspectos teóricos e práticos trabalhados ao longo do curso, tanto nas disciplinas de conteúdos específicos, como nas disciplinas de ensino.

2) O critério utilizado para selecionar os estudantes foi a necessidade dos licenciandos estarem no último semestre da graduação, pois, por serem concluintes, teriam vivenciado todas as possíveis abordagens do conceito de substância ao longo do curso, o que, a nosso ver, teria possibilitado a formação do conceito e do seu sistema conceitual.

É importante salientar que a pesquisa se tornou possível porque as docentes responsáveis pelo componente curricular Estágio Supervisionado IV, durante o semestre de 2017.2, disponibilizaram um tempo de sua aula para que tivéssemos contato com os estudantes e, a partir dali, pudéssemos dar continuidade ao trabalho.

O primeiro contato com a turma foi bastante tranquilo, pois, por terem sido meus alunos, encontrava-me naquele espaço, a sala de aula, como uma docente familiar. Aproveitei

o momento para convidá-los a participarem da pesquisa, informando que se tratava de uma investigação acerca do conceito químico de substância à luz da Psicologia Histórico-Cultural. Apresentei os objetivos e informei que, caso aceitassem o convite, responderiam a um questionário e participariam, em outro momento, de uma entrevista. Para maiores esclarecimentos, li o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C) a fim de sanar qualquer dúvida possível. Sem hesitar, todos os estudantes resolveram participar do processo, autorizando o uso dos materiais coletados bem como a gravação das entrevistas. Ao todo, tivemos a participação dos sete discentes matriculados no componente.

Conforme mencionamos na introdução deste trabalho, sabemos que diversos fatores de um mesmo contexto – inclusive fatores externos – podem influenciar o processo de formação de conceitos pelos estudantes e isso poderia nos levar a vários recortes em relação ao contexto da universidade, ou seja, a diferentes fontes (materiais didáticos, documentos, planos de aulas, ementas) e formas de análise. Entretanto, como a nossa inquietação surgiu a partir da dificuldade de licenciandos de Química para explicitar o conceito de substância, ao refletir sobre o nosso contexto, o curso de Licenciatura em Química, e sobre a influência do professor e suas concepções na aprendizagem dos estudantes, optamos por fazer um recorte que possibilitasse analisar os docentes, profissionais responsáveis pela formação dos licenciandos.

Partindo do pressuposto de que a compreensão dos processos psicológicos e linguísticos depende do conhecimento do contexto em que se deram as relações sociais que possibilitaram o desenvolvimento do indivíduo e a construção de significados, procuramos compreender a concepção possuída por docentes quanto ao conceito de substância e a forma como este conceito é contemplado ao longo do curso de química. Acreditamos que as diversas formas de abordagem do conceito (ou sua ausência) influenciam a construção de seu significado por parte dos estudantes. Neste sentido, ao conhecermos como os docentes abordam o conceito de substância, poderemos inferir sobre a natureza dos significados apresentados pelos estudantes.

Inicialmente, fizemos um levantamento com dezoito docentes do curso de Licenciatura em Química para sabermos se abordavam o conceito de substância em algum dos componentes ministrados. Dos docentes questionados, oito informaram que contemplavam o conceito em algum momento do curso, a depender da necessidade, e os demais disseram que não o abordavam, pois este não fazia parte da ementa de suas respectivas disciplinas. Após este diagnóstico, convidamos os oito docentes para participar de nossa pesquisa, compondo *a parte do contexto* que nos interessa neste momento.

Para compreender as concepções dos docentes e as possíveis formas de abordagem do

conceito de substância ao longo do curso, elaboramos um questionário (Apêndice B) e o validamos¹⁰ com dois docentes que não faziam parte do grupo investigado. Percebemos que as questões utilizadas estavam claras, objetivas e de fácil entendimento, uma vez que os docentes as responderam sem apresentar dificuldade de compreensão e atenderam ao que fora perguntado.

O questionário utilizado foi composto por nove questões abertas, onde procuramos saber, entre outros aspectos: em que momento do curso o docente costuma abordar o conceito de substância e como o faz, que importância atribui ao conceito de substância para o ensino de química, qual o critério adotado para classificar os materiais em substância química ou mistura e quais conceitos considera indispensáveis para a compreensão do sistema conceitual no qual o conceito químico de substância está inserido. Além disso, questionamos se o docente considera importante abordar o conceito de substância à luz da História da Química.

Vale salientar que, embora façam parte do curso de química, os professores que participaram deste levantamento pertencem a subáreas distintas: ensino de química, química analítica, química inorgânica e físico-química.

Consideramos importante destacar que nos referimos aos participantes da pesquisa atribuindo-lhes nomes fictícios ou chamando-os de a/o docente e a/o discente, a fim de preservar a identidade dos envolvidos no processo.

3.1.1 Concepções dos docentes e formas de abordagem quanto ao conceito químico de substância

Como as respostas dos docentes ao questionário estavam claras e de fácil entendimento, não foi preciso entrevistá-los. Procuramos compreender suas concepções e o modo como o conceito de substância aparece ao longo do curso de licenciatura, a fim analisar como a formação acadêmica tem influenciado na construção do seu significado.

Iniciamos a sondagem questionando os docentes em relação à **abordagem do conceito de substância no curso de Licenciatura em Química**. Identificamos que a palavra substância aparece em diferentes momentos ao longo do curso, desde o primeiro ao último semestre, sem uma explicitação do conceito. Dos oito docentes participantes, dois afirmaram

¹⁰A validação é um critério utilizado para avaliar a qualidade de um instrumento, definida como a capacidade de medir com precisão o fenômeno estudado. A partir da validação, é possível perceber se há uma lógica entre o instrumento utilizado e os objetivos da pesquisa (CONTANDRIOPOULOS et al, 1997; POLIT et al, 1995 apud HERMINDA; ARAÚJO, 2006).

que abordam o conceito implicitamente (um destes informou que contempla o conceito de substância ao trabalhar os conteúdos: ligações químicas, forças interpartículas e fases da matéria). Quatro docentes informaram que abordam o conceito a depender da necessidade apresentada no componente ministrado, que pode ser Conteúdos de Química para o Ensino Médio, Estágio Supervisionado III, Oficina de Produção para o Ensino de Química, quando o material didático produzido pelo estudante contempla o conceito de substância, e em Estágio Supervisionado IV, quando o estudante aborda o conceito no período de regência. Nos dois últimos casos, os docentes alegaram que é preciso discutir/revisar o conceito.

Outros dois docentes disseram que contemplam o conceito nas disciplinas de química analítica associando-o à ideia de pureza dos reagentes. A fala de um dos docentes nos chamou a atenção:

Em minha opinião, conduzir o estudante na visualização da prevalência das misturas na natureza é mais útil do que o conceito de uma substância isolada. É relativamente comum ouvir dos estudantes de Química e Meio Ambiente a seguinte afirmação: 70% da superfície do nosso planeta são cobertos pela substância água. E, na verdade, 70% da superfície de nosso planeta são cobertos por água oceânica e água oceânica não é uma substância. Muitíssimo pelo contrário! A água oceânica é uma mistura extremamente complexa. Não estou afirmando, com isso, que não seja necessário conceituar substância. Estou tentando ressaltar que, às vezes, esse conceito é muito isolado e isso não se adequa bem à Química e Meio Ambiente. Em Química Analítica I (quando lecionava) e Química Analítica III (que estou lecionando), **eu abordo/abordava o conceito de substância nos tópicos relacionados à pureza de reagentes.** Aqui, visualizo, novamente, a necessidade de uma certa mudança de foco. Em Analítica, **quando mais puro for um reagente, mas parecido com uma substância ele será. Mas, um reagente não é uma substância.** Para os analíticos, um reagente adequado é, na verdade, uma mistura com altíssimos percentuais (m/m) de uma determinada substância (o reagente em si). Você está percebendo como as discussões podem ficar complicadas se viermos com conceitos muito absolutos? (grifo nosso).

Na resposta destacada acima, podemos perceber que embora o docente não conceitue explicitamente substância química, por reconhecer que na natureza os materiais geralmente se encontram misturados, ele aborda o conceito relacionando-o à pureza material, o que condiz com o aspecto científico do termo abordado. Por outro lado, sugere que não costuma explicitar e realçar o conceito de substância por considerá-lo “isolado” e “absoluto”. Neste sentido, apesar de sua concepção/conceituação sobre substância química aparecer implicitamente em sua resposta, é possível inferir que o docente usa o termo conscientemente por justificar o uso e o não uso em algumas situações.

Outro ponto a ser destacado em sua fala é que, “se mesmo um reagente adequado é, na verdade, uma mistura com altíssimos percentuais (m/m) de uma determinada substância”, é

possível afirmar que a substância isolada, a qual o docente chama de “reagente em si”, constitui um modelo químico dos materiais, uma idealização, conforme mencionamos no capítulo destinado ao conceito químico de substância.

Ainda sobre a abordagem do conceito de substância no curso, a princípio, esperávamos que este fosse discutido na disciplina de Química Geral I (QG1), o que não ocorre. Nas escolas, o conceito costuma aparecer nas primeiras unidades do primeiro ano do ensino médio, refletindo a forma como é contemplado nos livros didáticos: no início do percurso onde se apresentam os conceitos estruturantes. Como estão previstos na ementa da disciplina QG1 os conteúdos estrutura atômica e tabela periódica, consideramos imprescindível a abordagem dos conceitos de átomo, elemento químico e substância química, dando ênfase aos seus respectivos significados. A ideia de que os estudantes trazem os significados/conceitos prontos do ensino médio, pode ser um dos motivos pelos quais os docentes não atentem para a conceituação, apesar do uso da palavra substância ser bastante corriqueiro.

Embora o conceito de substância apareça em diferentes momentos da graduação, a ausência da conceituação do termo pelos docentes e o uso espontâneo por parte dos estudantes, não lhes permitem uma reflexão sobre este, o que dificulta o processo de formação do conceito científico, ou seja, a construção do seu significado químico.

Sobre **a importância do conceito de substância para o ensino de química**, quatro dos docentes informaram que o conceito é *muito importante*. Dois destes justificaram sua relevância por se tratar de um conceito estruturante e relacionar-se com outros conteúdos químicos, como propriedades físicas das substâncias e transformações da matéria. Os demais (quatro) informaram que o conceito é *importante*. Dois destes justificaram que a relevância do conceito depende do momento ou da área da química em que é abordado.

Sobre **o que os docentes entendem por substância química**, o quadro abaixo sintetiza as categorias que surgiram a partir das conceituações:

Quadro 3 – Concepções dos docentes acerca do conceito de substância

Categorias de conceituação	Quantidade de docentes
Tipo de matéria que apresenta propriedades específicas (físicas e químicas) definidas	2
Sistema de matéria/porção material formado por um único tipo de constituinte/unidade química	2
Matéria/porção da matéria de composição química e propriedades	4

definidas	
-----------	--

Fonte: a autora

A partir das respostas que refletem o entendimento sobre substância química, é possível perceber que, enquanto 25% dos docentes investigados conceituaram substância química de acordo com uma característica macroscópica (suas propriedades) e 25% de acordo com seus constituintes (aspecto microscópico), 50% conceituaram substância a partir dos critérios macroscópico e microscópico, ou seja, relacionando a composição definida com a constância de suas propriedades. Entretanto, nenhum dos docentes explicitou a relação entre a composição, propriedades e a pureza do material, fator indispensável à compreensão do conceito. Talvez porque entendam que conceituar é elaborar um enunciado curto.

Quanto ao **critério utilizado para classificar os materiais em substância ou mistura**, dois dos docentes informaram que se baseiam na composição, ou seja, para eles, se o material apresenta um único tipo de constituinte/componente, trata-se de uma substância. Quatro docentes afirmaram que utilizam as propriedades físicas como critério de classificação, considerando que uma substância química apresenta propriedades físicas definidas, como ponto de fusão e ebulição. Enquanto um docente informou que utiliza vários critérios (entre eles a constituição do material e as propriedades físicas e químicas), *apenas um deles informou que utiliza a pureza como critério* de classificação dos materiais. Para ele, “O critério é a pureza. Mas, pureza é hipotética. A questão prática é como garantir a pureza de um dado material se as técnicas analíticas têm limites de detecção não suficientemente baixos que conseguem perceber algumas centenas de milhões de unidades de espécies concomitantes (moléculas, por exemplo)?”.

A resposta destacada acima aponta para a necessidade de compreender o conceito de pureza como algo relativo e limitado à precisão dos instrumentos utilizados (SCHUMMER, 1998). Neste sentido, o docente enfatizou que “a limitada precisão instrumental e os ruídos associados aos processos de medidas impedem a percepção se a resposta é característica de uma substância ou de uma mistura, para situações em que o número de entidades de espécies minoritárias não seja nulo”.

Embora apenas um docente tenha mencionado o critério de pureza material, o que nos permite inferir que para ele a *substância é concebida como material puro*, vale destacar que os critérios destacados pelos demais, como a composição definida e a constância das propriedades físicas, também são indícios de pureza material, ou seja, as respostas dos docentes se complementam, apesar de nenhum deles ter explicitado a relação entre os critérios destacados.

Ao questionarmos **quais conceitos os docentes consideram indispensáveis para a compreensão do sistema conceitual no qual o conceito químico de substância está inserido**, a partir de suas respostas, apresentamos uma lista composta pelos conceitos mencionados: átomo, elemento químico, íons, moléculas, compostos, ligação química (iônica, covalente e metálica), interação entre partículas, propriedades físicas, substância e mistura, estados físicos da matéria.

A quantidade de conceitos mencionados chama a atenção para a amplitude do sistema conceitual de substância, o que faz deste conceito uma ideia estruturadora do pensamento químico, uma vez que, ao relacionar-se com conceitos estruturantes da química, potencializa o nosso pensamento, nossa capacidade de relacionar e propor explicações (LIMA; BARBOZA, 2005). Neste sentido, apontamos para a necessidade de se discutir e refletir sobre o conceito de substância, possibilitando a construção do seu significado químico por parte dos estudantes, o que poderá favorecer, inclusive, uma melhor compreensão dos conceitos a ele relacionados. Consideramos que o melhor momento para fazê-lo seja no componente Química Geral 1 (QG1) ou em uma disciplina introdutória que contemple os conceitos estruturantes/basilares da química.

Sobre as estratégias utilizadas na abordagem do conceito químico de substância, os docentes afirmaram que trabalham o conceito a partir das necessidades surgidas. Neste sentido, percebemos que não há no curso um momento planejado para a discussão do significado químico de substância. A partir da resposta do docente responsável pela disciplina Química Geral I, foi possível confirmar o que inferimos quanto à ausência da conceituação de substância ao tratar a primeira questão: “De fato, não discuto o conceito de substância química, porque no componente curricular Química Gera I (QG I), partimos do princípio de que os estudantes já têm este conhecimento”.

Reconhecemos que ao ingressar na universidade os estudantes já trazem muitos conhecimentos, que podem ter sido adquiridos nas escolas ou nas experiências do seu cotidiano. Entretanto, para inferir sobre a assimilação destes conteúdos é preciso analisar os significados construídos a fim de possibilitar a tomada de consciência do conceito a partir da vertente científica. Para isso, faz-se necessário discutir seu significado químico e contemplá-lo por meio do seu sistema conceitual.

Em relação às possíveis **dificuldades apresentadas pelos estudantes na aprendizagem do conceito de substância**, apenas quatro docentes as destacaram, entre elas:

- 1) Dificuldade em distinguir substância composta de mistura;
- 2) Dificuldade em identificá-las como componentes de misturas complexas;

- 3) Dificuldade na diferenciação entre substância e elemento químico e entre substância e molécula;
- 4) Dificuldade de compreenderem que os materiais utilizados pelo homem em seu cotidiano são quase sempre misturas. Para o docente que mencionou esta dificuldade, ela “*advém da utilização da uniformidade visual, de senso comum, como critério de classificação*”.

As dificuldades apresentadas reforçam a necessidade de uma atenção para a abordagem do conceito de substância atrelada ao seu processo de significação. O apego ao aspecto visual – à concretude da experiência do dia a dia – pode dificultar a construção dos significados científicos devido ao seu maior nível de abstração (VIGOTSKI, 2009). Neste sentido, assim como Vigotski (2009) destacou o papel da escola, destacamos aqui o papel da Universidade no desenvolvimento do pensamento conceitual dos estudantes. Como o conceito de substância apresenta tanto o aspecto microscópico quanto o macroscópico, partir do macro para o micro pode ser uma alternativa que facilite ao estudante se apropriar do conceito, desenvolvendo gradativamente, a capacidade de generalizar e abstrair.

Sobre a **importância de abordar o conceito de substância à luz da História da Química**, nenhum professor executa tal abordagem. Entretanto, sete dos oito docentes investigados consideram a importância da abordagem histórica para a assimilação do conceito. Um dos docentes afirmou que “*é uma forma do estudante compreender o processo de formulação do conceito*” e que, “*conhecer o contexto no qual um determinado conceito foi desenvolvido pode facilitar a compreensão do mesmo, minimizar equívocos, principalmente os relativos a inadequações de linguagem e a associações indevidas*”. Neste sentido, vale salientar que o conhecimento da gênese e desenvolvimento do conceito possibilita a construção do seu significado bem como a apropriação da linguagem química e foi com este objetivo que nos apropriamos da história do desenvolvimento do conceito de substância; para que pudéssemos compreender o seu significado químico.

Corroborando um de nossos referenciais teóricos, um dos docentes enfatizou que a abordagem histórica é importante

não só na aprendizagem desse conceito como na aprendizagem de alguns outros conceitos elementares no campo da ciência química. Principalmente aqueles que constituem fundamentos desta ciência cuja origem epistemológica se deu em situações nas quais a filosofia e a ciência eram trabalhadas lado a lado. Situações diferentes daquela que, hoje, são trabalhados os conceitos químicos, na maioria das vezes distante do contexto histórico e filosófico que lhes deu origem e, portanto, pouco incitando a reflexão mais ampliada em torno do sentido e significado que têm ou podem ter para os indivíduos cognoscentes. Consequentemente, as dificuldades que os estudantes apresentam advêm desse próprio processo, ou seja, como se nega no ensino, a origem epistemológica do conceito, pela negação da sua

natureza histórico-filosófica-sociológica, termina se ensinando-o como um produto, destituído do processo que o gerou. Tais aspectos levam os estudantes a desenvolverem uma compreensão fragmentada das coisas, encontrando dificuldades para estabelecerem relações entre coisas e cousas, no desenvolvimento de um pensamento crítico.

Concordamos com a fala acima no sentido de que o conhecimento da origem epistemológica do conceito, dos seus aspectos históricos e filosóficos, poderá favorecer uma melhor compreensão dos significados produzidos pela ciência.

A partir da análise das respostas dos docentes ao questionário, foi possível perceber que, apesar de reconhecerem a importância do conceito de substância para o ensino de química e as relações entre substância e outros conceitos estruturantes, que juntos, compõem uma parte do sistema conceitual da química, o conceito em estudo é pouco discutido e o que prevalece ao longo do curso de licenciatura em química é o uso do termo sem maiores reflexões. Neste sentido, podemos inferir, que o contexto acadêmico analisado não tem propiciado as melhores condições para a construção do significado de substância química por parte dos estudantes, o que, para nós, é algo que precisa ser (re)pensado. Acreditamos que a ausência de abordagens que discutam e explicitem o significado de substância química influencia nas concepções apresentadas pelos estudantes e na possível dificuldade em conceituar o termo, o que será analisado adiante.

3.2 Coleta de dados

A partir do objetivo central da tese – *compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos* – a coleta de dados buscou explicitar os significados que os estudantes atribuem à expressão **substância química**, os elementos do sistema conceitual de que faz parte, assim como, suas razões para o emprego do conceito em problemas químicos.

De acordo com Vigotski (2009), o emprego funcional da palavra, o seu desenvolvimento e suas múltiplas formas de aplicação poderão ser a chave para o estudo da formação de conceitos. Para ele, é através da resolução de problemas que o indivíduo emprega os signos, propiciando o meio para a construção de significados. Neste sentido, elaboramos um questionário (Apêndice D) a fim de analisar os modos pelos quais os estudantes conceituam substância e expressam o seu sistema conceitual.

Para que os estudantes pudessem explicitar as ideias apresentadas no questionário e como fazem uso do conceito (empregam o signo) na resolução de problemas químicos,

elaboramos uma entrevista semiestruturada (Apêndice E) e marcamos os encontros para a semana seguinte à aplicação do questionário. As entrevistas foram respondidas individualmente e duraram cerca de quarenta minutos.

Optamos por utilizar materiais diferentes a fim de possibilitar a triangulação das informações, o que permite a constatação de possíveis divergências e do seu grau de exatidão, garantindo validade e confiabilidade aos dados coletados. No que tange à coleta de dados, a

triangulação permite que o pesquisador possa lançar mão de três técnicas ou mais com vistas a ampliar o universo informacional em torno de seu objeto de pesquisa, utilizando-se, para isso, por exemplo, do grupo focal, entrevista, aplicação de questionário, dentre outros. (MARCONDES; BRISOLA, p.203, 2014).

Para a triangulação dos dados, analisaremos os *mapas conceituais* confeccionados pelos estudantes, as respostas ao *questionário* e as respostas das *entrevistas*. Os registros das observações reforçarão as considerações a partir da análise dos dados obtidos. Vale destacar que não foi necessário orientar os estudantes em relação à confecção dos mapas conceituais, uma vez que tais instrumentos foram trabalhados em alguns momentos da graduação.

Antes de investigarmos o conceito de substância construído pelos licenciandos e seu uso na resolução de problemas, o questionário e entrevista elaborados foram validados. Durante a validação, os instrumentos elaborados foram respondidos por três estudantes com uma característica comum à dos sujeitos da pesquisa; dois deles eram estudantes do último semestre e uma estudante tinha acabado de concluir o curso, ou seja, as relações e o contexto no qual os conceitos foram construídos eram semelhantes. No processo de validação, duas questões do questionário foram modificadas para que apresentassem maior nível de clareza e objetividade.

A aplicação do questionário levou cerca de uma hora, embora os estudantes tenham respondido em tempos distintos (de vinte a sessenta minutos). Durante a resolução das respostas permanecemos sentados em uma cadeira, anotando os detalhes da observação. Atentamos para os gestos e questionamentos apresentados pelos discentes, que expressavam reflexão/mobilização do pensamento e dificuldade em responder algumas questões. Naquele instante, os estudantes pareciam vivenciar um momento de mobilização do psiquismo/consciência, de modo que funções como a atenção e a memória precisaram ser (re)ativadas, para que, por meio da linguagem, pudessem expressar parte do seu pensamento.

O quadro abaixo apresenta as questões utilizadas no questionário e as nossas expectativas em relação às respostas:

Quadro 4 – Objetivos das questões que compuseram o questionário destinado aos discentes

Questões	Objetivo das questões
1. Em algum momento do curso de licenciatura em química você participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância? Em caso afirmativo, fale um pouco sobre essa experiência.	Compreender as formas como o conceito é abordado ao longo do curso; Identificar se os estudantes presenciaram experiências com o conceito e, não apenas, com o termo conceitual, analisando como as ações foram desenvolvidas.
2. O que você entende por substância química?	Compreender o conceito de substância química apresentado pelos estudantes atentando para os critérios de conceituação, a explicitação do significado, o nível de abstração e o sistema conceitual apresentado.
3. Qual o critério adotado por você para classificar os materiais em substância química ou mistura?	Analisar os critérios de classificação adotados; Ao informar o que é e o que não é uma substância, analisaremos a ideia de classe em que o conceito é inserido.
4. Sabemos que os conceitos não se formam isoladamente, mas em relação com outros conceitos, constituindo um sistema. Quais conceitos você considera indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância?	Identificar os termos conceituais relacionados ao conceito de substância e sua sistematização.
5. Elabore um mapa conceitual para o conceito químico de substância. Dica: utilize os conceitos destacados na questão anterior e fique à vontade para ampliar o seu mapa utilizando outros conceitos.	Analisar o sistema conceitual de substância atentando para as relações entre os conceitos; Analisar se os critérios de conceituação e classificação apresentados nas questões 2 e 3 aparecem no mapa.
6. Cite cinco conteúdos de química que necessitem do conceito de substância para a sua abordagem, explicando a necessidade do conceito em cada caso.	Analisar a amplitude do sistema conceitual de substância a partir das relações com outros conceitos; Analisar a função do conceito de substância na abordagem dos conteúdos; Inferir sobre a consciência quanto ao uso do termo substância.

Fonte: a autora

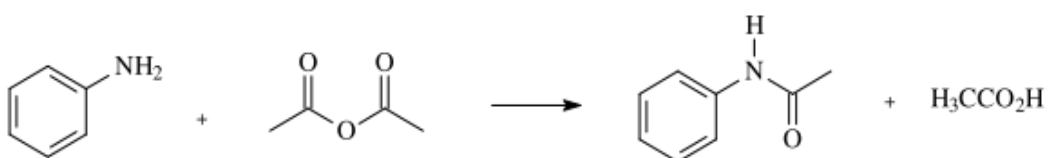
Assim como o questionário aberto é um instrumento que permite ao investigador compreender os significados apresentados pelos sujeitos investigados, a entrevista é de extrema relevância para a pesquisa qualitativa, pois nos permite dialogar com o participante,

captando, através de sua linguagem, os conceitos formados. Trata-se de um momento oportuno para o participante esclarecer as suas respostas e expressar o seu pensamento.

A entrevista foi dividida em dois momentos: no primeiro, fizemos algumas perguntas relacionadas ao questionário para que os estudantes pudessem elucidar suas respostas; no segundo, utilizamos novos problemas elaborados previamente. Como a entrevista era semiestruturada, ao longo dos diálogos novas questões podiam ser feitas para que pudessemos compreender melhor as relações conceituais apresentadas pelos discentes. Vale salientar que escolhemos abordar a reação de síntese da acetanilida pelo fato dos estudantes terem realizado o experimento em uma das aulas práticas do curso, o que poderia favorecer, ao refletirem sobre as perguntas, a mobilização da memória e do pensamento.

O quadro a seguir apresenta as questões estruturadas a priori e a nossa intenção ao elaborá-las:

Quadro 5 – Roteiro destinado às entrevistas com os estudantes

Questões estruturadas para a entrevista
<p>1. A Acetanilida era uma substância bastante utilizada devido à sua ação analgésica (alivia a dor) e antipirética (reduz a febre). Observe a equação que representa a reação de síntese da acetanilida e o esquema abaixo.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;"> $\text{Anilina}_{(s)} + \text{Anidrido Acético}_{(l)} \rightarrow \text{Acetanilida}_{(s)} + \text{Ácido Acético}_{(l)}$ </p> </div> <p>✓ Em um béquer de 400 ml, adicionar 120 ml de água e 15,50 g de anilina.</p> <p>✓ Na capela, adicionar em pequenas porções e sob agitação magnética, 18 ml de anidrido acético. (Cuidado, reação rápida e exotérmica!).</p> <p>Mistura = <u>Líquido</u>: ácido acético, acetanilida (traços), anilina (traços) /<u>Sólido</u>: ACETANILIDA + impurezas.</p> <p>✓ Resfriar e Filtrar a vácuo.</p> <p>Filtrado: ácido acético, anilina, água, acetanilida (traços) + Sólido: ACETANILIDA + impurezas.</p> <p>✓ Lavar o precipitado com água gelada e secar</p> <p style="text-align: center;">ACETANILIDA + impurezas</p> <p>a. Sabendo que se deseja obter a acetanilida pura, de que forma esta substância poderá ser obtida? Explique.</p> <p>Objetivo: Analisar se o estudante compreende o processo de purificação como método de obtenção</p>

da substância, uma vez que a substância obtida é um material purificado.

b. Como é possível saber que o material obtido é a substância desejada, a acetanilida pura?

Objetivo: Perceber se o estudante identifica a constância das propriedades físicas como indício da pureza material. Neste caso, a temperatura de fusão pode ser o ponto de partida para a caracterização da substância.

c. Substância é um material puro ou impuro? O que indica a pureza de um material?

Objetivo: Analisar se o estudante compreende a substância a partir do critério de pureza material e qual a concepção de pureza material adotada.

d. Se você tivesse que explicar para alguém o que é material puro, o que você diria?

Objetivo: Sabendo-se que o material está puro quando passa por um processo de purificação originando uma só substância, nesta questão, esperamos que o estudante relacione o conceito de substância com a pureza material e os métodos de purificação/separação.

e. A acetanilida é uma substância simples ou composta? Porquê?

Objetivo: A partir da estrutura da acetanilida, procuramos saber de que modo o estudante classifica a substância. A classificação remete a outros conceitos que compõe o seu sistema conceitual. O estudante poderá relacionar o conceito de substância ao de átomo e elemento químico.

f. Qual a sua fórmula química? Para que serve?— C_8H_9NO

Objetivo: a fórmula química caracteriza a substância e possibilita informações sobre as espécies que a constituem, permitindo inferir sobre sua classificação e sua composição.

g. O exemplo mencionado nesta questão mostra a reação química utilizada para a obtenção da acetanilida. Como você descreveria o processo de obtenção de substâncias, ou seja, de que forma é possível se obter uma substância química?

Objetivo: Seja por um processo de síntese, como a obtenção da acetanilida, ou por extração, o estudante precisa perceber que a substância se trata de um material purificado, ou seja, independente do processo utilizado, para obter a substância isoladamente, é preciso submeter o material a um processo de purificação/decomposição/separação dos materiais.

h. Dê exemplo de um processo utilizado para purificar um material e explique como ocorre a purificação?

Objetivo: analisar como o estudante caracteriza o processo de purificação. Esta questão remete ao conceito de substância e ao seu sistema conceitual, uma vez que envolve os conceitos pureza material, purificação, propriedades físicas e composição.

2. Observe o emprego do termo **puro(a)** nas frases abaixo e responda a questão a seguir.

I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.

II. A aliança é de ouro **puro***

III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

Os termos destacados apresentam o mesmo significado nas frases acima?

() Sim.

() Não. Justifique apresentando o significado de puro(a) adotado em cada frase.

Algum item acima se refere à substância química? Qual? Por quê?

* Obs.: O ouro puro é demasiadamente mole para ser utilizado. Por essa razão, geralmente é endurecido formando ligas metálicas com cobre, prata, zinco, níquel e cádmio. Esta liga é

necessária para tornar o material mais durável e brilhante, mas varia de joalheria para joalheria. Uma joia em ouro 18 quilates, normalmente possui em sua composição 75% de ouro e 25% de prata, cobre ou bronze.

Objetivo: A questão apresenta o emprego do termo puro(a) em situações distintas, relacionado a concepções diferentes quanto à pureza material. A partir da resposta do estudante, buscamos analisar a influência das vertentes espontânea e/ou científica em suas respostas.

Fonte: a autora

Com a entrevista, além de retomarmos algumas perguntas do questionário para que os estudantes elucidassem suas respostas, elaboramos novas questões a fim de que os discentes explicitassem o conceito de substância a partir dos critérios de conceituação e classificação dos materiais: pureza material, propriedades físicas e composição. Os instrumentos utilizados nos permitiram compreender o significado de substância possuído pelos estudantes através da conceituação e sistematicidade apresentadas.

3.3 Análise dos dados

Para a análise dos dados, utilizamos os registros de observação, as respostas dadas aos questionários, bem como a transcrição dos áudios obtidos durante as entrevistas. Embora existam autores que entendem a *análise* como a descrição dos dados e a *interpretação* como a articulação dessa descrição com conhecimentos mais amplos, a nossa concepção de análise apresenta um sentido mais amplo e corrobora a ideia apresentada por Gomes (1994, p. 68) ao afirmar que “a análise e a interpretação estão contidas no mesmo movimento: o olhar atentamente para os dados da pesquisa”.

Atentamos o olhar para os questionamentos, respostas, dúvidas e expressões que os estudantes apresentaram ao responderem as questões. As linguagens escrita e oral, para nós, constituíam uma forma dos estudantes externalizarem o pensamento.

Por avaliar os registros em formato de textos, a análise dos dados foi orientada pela Análise de Conteúdo (AC), que, entre suas funções, permite a obtenção de respostas para as questões formuladas e a “descoberta do que está por trás dos conteúdos manifestos, indo além das aparências do que está sendo comunicado” (GOMES, 1994, p.74).

Consideramos que as entrevistas foram momentos de grandes contribuições para investigar e refletir sobre o que estava “por trás” das respostas escritas. Vale salientar que a análise de conteúdo está para além de uma técnica de interpretação de textos. Em nosso trabalho, buscamos descrever e interpretar os registros à luz dos referenciais teóricos adotados.

Apesar da variedade de definições e aplicações da Análise de Conteúdo, este método é

caracterizado por um conjunto de técnicas de análise que visa obter, por descrição sistemática e objetiva do conteúdo das mensagens, indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção destas mensagens (BARDIN, 2010). A autora também salienta que a análise de conteúdo é caracterizada por regras lógicas de organização, categorização e tratamento de dados, ou seja, as regras se fazem presentes desde o processo de planejamento aos de relato de resultados. Vale destacar que a técnica de análise de conteúdo escolhida depende das características do material e dos objetivos traçados na pesquisa. Neste sentido, considerando o objetivo principal de nossa investigação e a natureza dos materiais coletados, realizamos a análise e interpretação dos dados a partir do seguinte trajeto: 1) Segmentação das transcrições; 2) Codificação; 3) Categorização; 4) Descrição e 5) Interpretação.

Iniciamos a análise dos dados com a organização e transcrição de todas as informações obtidas: os registros de observação, as respostas ao questionário e os áudios gravados durante as entrevistas.

Após a transcrição dos dados, passamos para a etapa de segmentação das transcrições, que consiste na definição das unidades de significados. Em nosso caso, as unidades de significado foram retiradas de trechos oriundos das respostas ao questionário e à entrevista. Selecionamos os trechos que apontavam para significados com base em termos pré-estabelecidos ou relacionados a estes. Por exemplo, utilizamos como critérios de análise do significado de substância: a pureza material, as propriedades físicas constantes e a composição definida. Para identificar unidades de significados relacionados à pureza material, consideramos termos como pureza, puro, material puro, purificado, processo de purificação. Em relação às propriedades físicas, reconhecemos os termos ponto de fusão, ponto de ebulição e densidade como menção às propriedades. Quanto à composição constante, as expressões “único tipo de constituinte”, “único tipo de unidade química”, “único componente”, se encaixaram neste critério.

As unidades de análise foram codificadas por meio de cores características, ou seja, trechos que expressavam significados semelhantes foram marcados com a mesma cor.

O quadro a seguir apresenta as respostas dos estudantes à questão 2 (O que você entende por substância química), onde buscaremos exemplificar o processo de segmentação e codificação.

Quadro 6 – Processos de segmentação e codificação na análise das respostas à questão 2

Questão 2: O que você entende por substância química?
Pamela: <i>Eu entendo por substância como sendo constituída por um único tipo de constituinte, podendo esse ser: moléculas, como por exemplo $Cl_{2(g)}$, íons e/ou um arranjo tridimensional de átomos. Entendo, também, que substância apresenta-se em um estado físico (gasoso, líquido, sólido) e que propriedades como ponto de fusão, ebulição estão relacionadas a tal.</i>
Bia: <i>Substância química é o resultado macroscópico da interação interpartículas existentes entre as espécies (átomos, íons ou moléculas).</i>
Sérgio: <i>É o conjunto de átomos que possui interação química e que está representado pelo seu estado de agregação.</i>
Fábio: <i>Conjunto de átomos, moléculas ou íons que interagem entre si por meio de interações interpartículas.</i>
Jane: <i>Substância refere à pureza. Algo que não está misturado a outros materiais, ou seja, não é uma mistura.</i>
Lua: <i>“Algo” formado por moléculas, pares iônicos ou átomos (no caso de gases nobres), interagindo, e que apresenta propriedades físicas como pontos de fusão, de ebulição, densidade, etc.</i>
Taís: <i>As substâncias químicas são simples ou composta. A substância simples é aquela que apresenta apenas um tipo de átomo na fórmula química. A substância composta é aquela que possui mais de um tipo de átomo na fórmula química. E o principal critério para identificar uma substância simples ou composta é identificar o estado físico de agregação.</i>

Fonte: a autora

Em seguida, comparamos os segmentos e agrupamos os trechos que apresentavam significados semelhantes, dando início ao processo de categorização. Consideramos a etapa de categorização extremamente importante para a análise dos dados na perspectiva da pesquisa qualitativa, uma vez que, a partir da identificação e interpretação das categorias, podemos compreender os significados apresentados pelos sujeitos da pesquisa. Vale destacar que as categorias podem ser definidas a priori, a partir dos referenciais teóricos que fundamentam a pesquisa, ou a posteriori, emergindo dos dados coletados e das unidades de significado.

A partir dos segmentos destacados e codificados no quadro acima, obtivemos para a

questão 2 as seguintes categorias:

Quadro 7 – Unidades de significado, codificação e categorias oriundos da análise das respostas à questão 2

Segmentos / Unidade de significado	Codificação / cor	Categorias
<i>Substância como sendo constituída por um único tipo de constituinte.</i>	Verde	Composição definida
<i>Propriedades como ponto de fusão, ebulição estão relacionadas a tal.</i> <i>Propriedades físicas como pontos de fusão, de ebulição, densidade, etc.</i>	Amarela	Propriedades físicas constantes
<i>Substância refere à pureza.</i>	Cinza	Pureza Material
<i>Resultado macroscópico da interação interpartículas existentes entre as espécie.</i> <i>É o conjunto de átomos que possui interação química.</i> <i>Conjunto de átomos, moléculas ou íons que interagem entre si por meio de interações interpartículas.</i> <i>“Algo” formado por moléculas, pares iônicos ou átomos (no caso de gases nobres), interagindo.</i>	Azul	Resultado de “interação interpartículas”
<i>Apresenta-se em um estado físico (gasoso, líquido, sólido).</i> <i>Está representado pelo seu estado de agregação.</i> <i>E o principal critério para identificar uma substância simples ou composta é identificar o estado físico de agregação.</i>	Vermelho	Estado de agregação
<i>As substâncias químicas são simples ou composta</i>	Negrito	Classificação substância

Fonte: a autora

Com base nas categorias estabelecidas, passamos para as etapas de descrição e interpretação dos dados. Vale destacar que tais etapas ocorreram concomitantemente, ou seja, na medida em que descrevemos os dados a partir das categorias de análise, tentamos interpreta-los a partir de nossos referenciais teóricos. Essas duas últimas etapas serão apresentadas no capítulo referente à análise dos dados da pesquisa.

3.3.1 Categorias e critérios de análise

Ao elaborarmos o questionário destinado aos discentes e ao fazermos o levantamento com os docentes do curso/contexto, intencionalmente, utilizamos algumas questões semelhantes (ou idênticas) para que pudéssemos compreender o significado de substância apresentado pelos discentes do curso de Licenciatura em Química e a forma como o contexto pode influenciar a construção do conceito em estudo. O quadro a seguir apresenta as questões (usaremos “DO” para nos referirmos à questão destinada aos docentes e “DI” à questão destinada aos discentes) e os respectivos objetivos/critérios de análise.

Quadro 8 – Critérios para a análise do questionário destinado aos discentes

Questões:	Critérios de Análise Presença nas respostas de:
Questão 1 (DO) - Você costuma abordar o conceito de substância no curso de licenciatura em química? Em que momento isso é feito?	Relatos de experiências de ensino (ou menções) relacionadas ao conceito de substância química.
Questão 1 (DI) - Em algum momento do curso de licenciatura em química você participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância? Em caso afirmativo, fale um pouco sobre essa experiência.	Abordagens do conceito de substância química semelhantes às relatadas pelos docentes.
Questão 3 (DO) / Questão 2 (DI) - O que você entende por substância química?	Termos relativos a: - Pureza material; - Propriedades físicas constantes; - Composição definida. Termos similares aos empregados pelos docentes para conceituar substância.
Questão 4 (DO) / Questão 3 (DI) - Qual o critério adotado por você para classificar os materiais em substância química ou mistura?	Critérios explícitos para caracterização e distinção de substância e mistura; Termos relativos a: - Pureza material; - Propriedades físicas constantes; - Composição definida; Termos similares aos empregados pelos docentes para conceituar substância.
Questão 5 (DO) - Quais conceitos você considera indispensáveis para a compreensão do sistema conceitual no qual o conceito químico de	Termos identificadores de conceitos distintos de substância.

substância está inserido?	Relações explícitas entre o conceito de substância e os outros conceitos citados.
Questão 4 (DI) - Sabemos que os conceitos não se formam isoladamente, mas em relação com outros conceitos, constituindo um sistema. Quais conceitos você considera indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância?	Termos relativos a: - Pureza material; - Propriedades físicas constantes; - Composição definida;
Questão 5 (DI) - Elabore um mapa conceitual para o conceito químico de substância. Dica: utilize os conceitos destacados na questão anterior e fique à vontade para ampliar o seu mapa utilizando outros conceitos.	Termos similares aos empregados pelos docentes para conceituar substância.

Fonte: a autora

A análise dos dados coletados com o questionário e com a entrevista possibilitará avaliar a medida de generalidade e o formato do conceito de substância química adquirido. A medida de generalidade de um conceito é função dos seus vínculos com a experiência concreta e com a abstração, ao longo da dimensão concreto-abstrata e, por sua abrangência do mundo. Quanto mais geral for o conceito, maior será o seu nível de abstração. O formato com que ocorre a aquisição do conceito depende da experiência empírica (concreta) e do emprego racional (abstrato) na resolução de problemas, de modo que, é psicologicamente influenciado por sua medida de generalidade.

Os termos conceituais relacionados ao conceito de substância química pelos estudantes possibilitam estabelecer os critérios empregados para inserir um objeto sob tal conceito. A articulação dos termos conceituais indica a sistematização desenvolvida e o grau de abstração do conceito. A repetição dos termos conceituais em situações diversas sinaliza quão estável e uniforme é o invariante do conceito.

Os termos conceituais relacionados à substância química pelos estudantes também indicam a proximidade entre os conceitos adquiridos e o conceito aceito e empregado pela comunidade dos químicos. Além disso, revelam possíveis influências das abordagens de ensino da substância química nos componentes curriculares (contexto de ensino e aprendizagem) nos conceitos adquiridos pelos estudantes.

Os mapas conceituais possibilitam identificar os termos conceituais relacionados ao conceito de substância e sua sistematização, complementando os dados dos questionários e entrevistas. Além dos conceitos mencionados na tabela como critério de análise, o nosso mapa conceitual também será uma referência para a análise dos mapas elaborados pelos estudantes,

atentando para os vínculos e as proposições conceituais apresentadas. Avaliaremos se/como os critérios/eixos norteadores para a construção do significado de substância aparecem nos sistemas conceituais elaborados, são eles: a pureza material; as propriedades físicas constantes e a composição definida.

As justificativas para o emprego do conceito de substância química obtidas a partir dos três instrumentos de coleta de dados também fornecem termos conceituais e critérios relativos ao conceito. Porém, ao explicarem suas ações por meio de palavras, os estudantes estarão externalizando suas intenções e seus pensamentos acerca da ação, revelando quão conscientes se encontram a respeito do conceito de substância química.

Os resultados das análises nos possibilitarão propor encaminhamentos para as dificuldades que venham a ser constatadas no processo de aquisição do conceito.

4. ANÁLISE DOS DADOS

Para compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos, a análise dos dados será apresentada em duas seções:

1) Na primeira seção, a participação dos estudantes será analisada individualmente. Buscamos fazer a triangulação dos dados com as informações oriundas do questionário, da entrevista e do mapa conceitual elaborado. Juntos, estes instrumentos nos permitirão inferir sobre o significado de substância química possuído pelos sujeitos da pesquisa e a natureza do sistema conceitual explicitado.

2) Na segunda seção, buscaremos comparar os dados apresentados na seção anterior, a fim de olhá-los de forma integral e poder trazer conclusões gerais através de uma síntese dos resultados alcançados.

Além dos instrumentos de coleta de dados utilizados, vale destacar a influência da observação em nossas impressões acerca do comportamento dos estudantes ao participarem do processo e sobre as dificuldades apresentadas. Portanto, antes de entrarmos nas seções, apresentaremos as primeiras interpretações oriundas dessas observações.

Durante a aplicação do questionário, inicialmente, a turma permaneceu atenta às perguntas. Cerca de cinco minutos após iniciarem a resolução das questões, os estudantes começaram a expressar suas dificuldades. Em meio ao silêncio que imperava na sala de aula, a estudante Bruna falou¹¹ baixinho:

— *Que horrível essa questão 2, é muito difícil ter que definir!*

A questão 2 perguntava exatamente: O que você entende por substância química? A dificuldade manifestada pela estudante pode ser o reflexo da falta da conceituação de substância ao longo do curso, conforme discutido na seção 3.1.1, que resultaria em insegurança na explicitação de seu significado.

Outro momento em que transpareceu essa insegurança foi quando duas estudantes quiseram dialogar sobre uma das perguntas do questionário. Embora consideremos a interação com o outro extremamente importante para o desenvolvimento do indivíduo e a apropriação de conhecimentos, sugerimos que cada estudante respondesse às questões individualmente, sem trocar informações, para que um não influenciasse na resposta do outro.

Analisando o comportamento dos estudantes ao responderem ao questionário,

¹¹ As respostas ao questionário e as falas dos estudantes serão destacadas em itálico para diferenciá-las das falas da pesquisadora.

percebemos que a sexta questão (Cite cinco conteúdos de química que necessitem do conceito de substância para a sua abordagem, explicando a necessidade do conceito em cada caso) demandou mais tempo e gerou questionamentos entre os estudantes, que estabeleceram um breve diálogo ao tentar respondê-la.

Jane iniciou a conversa perguntando:

— *Posso não fazer?*

Bia se manifestou:

— *Na sexta questão o conceito de substância não precisa estar escancarado não né? Eu preciso do conceito para abordar o conteúdo. O conceito aparece, mas não é o principal. Acho que a pessoa precisa saber, mas não usa conscientemente. Tem conteúdo que você precisa saber o conceito para abordar, tem outros que não.*

Mais uma vez, Bruna demonstrou dificuldade em responder à questão:

— *As perguntas 2 e 6 são do mal. Elas são boas, foi bom pensar, mas achei difícil!*

Corroborando a ideia da colega, Bia destacou:

— *Essa sexta questão é horrível!*

Ao concluir a atividade, Pamela salientou:

— *Fiz o que soube, vou estudar para a entrevista como se fosse para a prova.*

Interpretamos as dificuldades relacionadas às perguntas 2 e 6 do seguinte modo: 1) em relação à questão 2, percebemos que os estudantes não conseguiam estabelecer os critérios de conceituação para substância, o que impossibilitava-os explicitar o seu significado; 2) quanto à questão 6, a dificuldade em relacionar o conceito de substância com os conteúdos e com sua abordagem, aponta para problemas no reconhecimento da função do conceito em estudo. A ausência de articulação com outros conceitos reflete problemas na sistematização entre os termos conceituais.

Ainda em relação à resposta da 6ª questão, com a mão na cabeça e semblante de reflexão, Bia nos olhou e disse:

— *Estou pensando pró.*

O esforço aparente que a estudante fez para pensar (ou lembrar) de um conceito tão básico da Química é desproporcional ao que se espera de uma concluinte do curso, que, no nosso entender, precisaria ter o conceito disponível em sua memória.

A fala final de Pamela (*Esses conceitos de átomo, molécula, substância, vão passando pelo curso. A gente fala deles o tempo todo, mas na hora de definir, a gente não sabe.*) corroborou a nossa constatação através do diagnóstico que realizamos com os docentes a fim de compreender a influência do contexto na formação do conceito em estudo: o termo

substância é empregado em diversos momentos da graduação sem uma atenção à sua conceituação.

Considerando que o uso consciente de um conceito implica saber aplicá-lo justificadamente em situações diversas, é possível inferir, inicialmente, que apesar de terem consciência em relação aos problemas apresentados (*A gente fala deles o tempo todo, mas na hora de definir, a gente não sabe*), os estudantes não usam o conceito conscientemente ou o fazem com baixo nível de consciência. Em suma: as observações indicam que os estudantes empregam o conceito de substância de modo espontâneo, ou seja, simplesmente usam!

A seguir, prosseguiremos na análise dos dados a fim de compreender: 1) os critérios utilizados pelos estudantes para conceituar substância; 2) a sistematização desenvolvida através da articulação dos termos conceituais; 3) o emprego do conceito na resolução de problemas químicos. A análise conjunta destes itens nos permitirá inferir sobre a estabilidade do conceito e, conseqüentemente, sobre o nível de consciência quanto ao uso do termo pelos discentes.

4.1 CONCEITOS DE SUBSTÂNCIA ATRIBUÍDOS PELOS LICENCIANDOS EM QUÍMICA

4.1.1 O conceito de substância segundo Bia

No questionário, primeiramente, procuramos saber se em algum momento do curso de licenciatura em Química a estudante participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância, pedindo que falasse um pouco sobre a experiência vivenciada (Questão 1). Bia nos informou que o conceito foi abordado em Estágio Supervisionado IV devido à dificuldade dos estudantes em distinguir, nas aulas simuladas, composto molecular, substância simples e compostas e suas formas de representação. A estudante salientou que foi solicitado que os estudantes comparassem as definições de substância em diferentes referenciais com a da IUPAC. Informou também que o conceito tinha sido abordado no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid).

Aproveitamos o momento da entrevista para retomar a Questão 1 e perguntamos a estudante se nas abordagens mencionadas o significado de substância química tinha sido discutido. Bia informou que após o levantamento feito pelos estudantes, outras demandas foram surgindo, impossibilitando a discussão sobre o conceito.

A estudante também deixou claro que:

— *Em outros momentos do curso eu não lembro da definição de substância ter sido trabalhada, a gente trabalha aspectos sobre a substância, mas não sobre o que é substância.*

As falas de Bia mostram que o uso do conceito de substância ao longo do curso é corriqueiro, embora não haja uma preocupação com a explicitação do seu significado. A ausência de discussão e de exercício de emprego do conceito dificultou sua aprendizagem por parte dos estudantes, refletindo em dificuldades apresentadas pelos futuros professores da escola básica, os licenciandos.

Ao questionar sobre o que a estudante entende por substância química (Questão 2), ela informou que *substância química é o resultado macroscópico da interação interpartículas existentes entre as espécies (átomos, íons ou moléculas)*. Durante a entrevista, buscamos criar situações para que a estudante refletisse sobre sua resposta e continuasse expressando sua compreensão sobre o significado de substância.

Pesquisadora:

— Aqui você estabelece uma relação entre substância química e estas espécies. E as misturas, também são resultados da interação entre partículas ou isso é característico apenas das substâncias? Eu queria que você esclarecesse melhor a relação que você faz entre substância e a composição química, ou seja, entre substância e as espécies químicas que você destacou.

Bia:

— *Eu pensei, substância é aquilo que é resultado de interações que estão ocorrendo entre as partículas. Só que eu não percebi que esta definição também poderia ser uma definição de mistura. Então, o que seria a substância? Substância... Substância... Boa pergunta! (risos)*

Inicialmente, foi possível perceber que a estudante não utilizou os critérios esperados com base em nosso referencial para conceituar a substância química: a pureza material, a constância das propriedades físicas e a composição definida. Entretanto, ao questionar qual o critério adotado para classificar os materiais em substância química ou mistura (Questão 3), Bia informou que:

— *Substâncias químicas possuem propriedades físicas e químicas definidas e mistura é quando se tem mais de uma substância presente no material e suas propriedades.*

Analisando as respostas de Bia, percebemos que a estudante define substância a partir da interação entre as espécies químicas e utiliza as propriedades definidas como critério de classificação dos materiais. Pedimos mais uma vez que a estudante refletisse sobre as

respostas e definiu substância tentando articular os critérios mencionados, ou seja, gostaríamos que relacionasse a composição do material com a constância das propriedades. Na tentativa de atender a nossa expectativa, ela afirmou:

— *Olhe (risos), entendo que substância seja isso mesmo, que tenha propriedades físicas e químicas bem definidas e aí vem o ponto de fusão, ponto de ebulição, essas coisas. Só que, o que tem dentro da substância, analisando ela microscopicamente, é átomos que interagem, podem ser íons ou podem ser moléculas.*

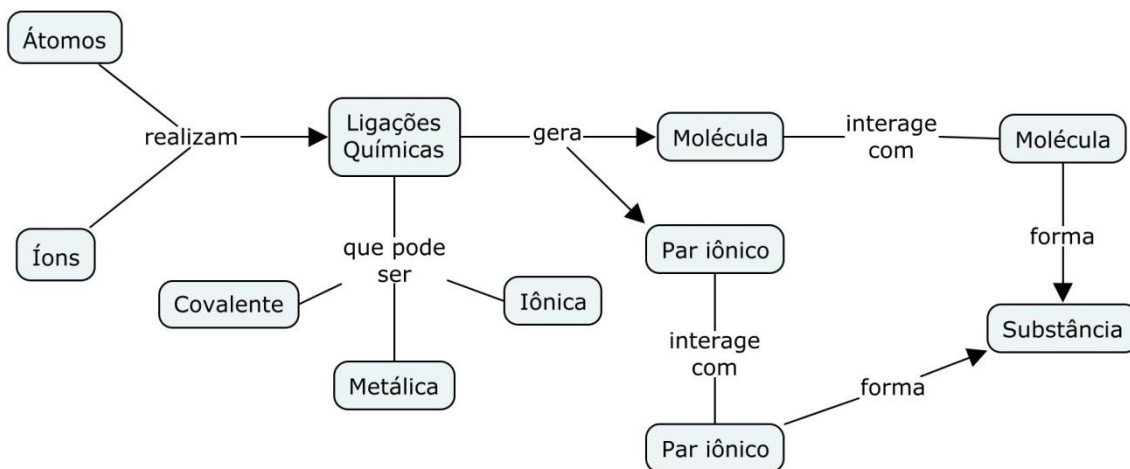
Embora tenha tentado responder ao que fora perguntado, ela não conseguiu relacionar as propriedades definidas com a composição material. Em nosso entender, essa relação passaria pela interação das partículas constituintes da substância, critério utilizado em um dos conceitos externalizados por Bia.

A fim de analisar melhor a forma como a estudante relaciona os termos conceituais apresentados, utilizamos a seguinte questão: Sabemos que os conceitos não se formam isoladamente, mas em relação com outros conceitos, constituindo um sistema. Quais conceitos você considera indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância? (Questão 4). Em sua resposta, Bia mencionou: ligações químicas, polaridade das moléculas e interações entre partículas, mas não se referiu às propriedades definidas como feito anteriormente.

Sabemos que é necessário se reportar a outros termos (o conceito de pureza, de material puro, propriedades físicas, constituintes, composição, substância simples ou composta, processos de purificação, etc.) para explicitar o significado de substância química, conforme apresentamos em nosso referencial. Para que a estudante pudesse expressar as relações entre os termos conceituais mencionados e continuasse refletindo sobre o conceito de substância e o seu sistema, pedimos que elaborasse um mapa conceitual, utilizando os conceitos destacados na resposta à questão acima e ampliasse o mapa com outros conceitos que julgasse necessários (Questão 5). O mapa¹² a seguir constitui-se em uma transcrição do mapa conceitual apresentado por Bia.

¹² Os mapas conceituais elaborados pelos estudantes foram transcritos através do programa CmapTools para que pudessemos apresentá-los em imagens com boa resolução. Entretanto, preservamos o formato, as relações e os erros de concordância a fim de manter a fidedignidade do instrumento coletado. Os originais encontram-se no Anexo.

Figura 5 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Bia



Fonte: a estudante Bia

Sabendo que as questões 2, 3 e 4 se relacionam, tendo o conceito de substância como elemento gerador, esperávamos que a estudante apresentasse em seu mapa conceitual (MC) os critérios utilizados em suas respostas: Bia definiu substância com base na *interação das espécies químicas constituintes*, utilizou as *propriedades definidas* como critério para classificá-la e afirmou que os conceitos de *ligações químicas*, *polaridade das moléculas* e *interações* são indispensáveis para a compreensão do conceito de substância. Ao analisar o mapa conceitual elaborado pela estudante, percebemos que:

1) A leitura do mapa não permite compreender de forma clara o significado de substância, uma vez que o conceito aparece como algo formado por moléculas ou pares iônicos, o que, de certa forma, apresenta coerência com a sua primeira definição: *substância química é o resultado macroscópico da interação interpartículas existentes entre as espécies (átomos, íons ou moléculas)*;

2) O critério utilizado para diferenciar substância de mistura (as propriedades definidas) não apareceu no mapa;

3) A ideia de interação entre as espécies aparece implicitamente, como conectivo das proposições conceituais (ex: molécula *interage* com molécula) e o conceito de polaridade não aparece.

A caracterização da substância com ênfase nas ligações e interação entre as espécies constituintes pode ser o reflexo da forma como o conceito apareceu na disciplina Estágio Supervisionado IV, o que influenciou a aquisição do termo e a construção das relações conceituais apresentadas.

O mapa analisado não apresenta os critérios esperados para a conceituação e classificação de substância química, distanciando-se do nosso sistema conceitual. Não percebemos uma repetição dos termos conceituais nas diferentes questões, o que nos permite afirmar que os invariantes do conceito de substância possuído por Bia não são estáveis nem uniformes.

Ao pedir que a estudante definisse substância a partir de seu mapa, ela o fez:

— *No meu mapa substância não é o conceito central, mas se a gente for daqui pra lá (da esquerda para a direita no mapa), eu diria que substância pode ser constituída (não sei se isso é definir, acho que estou atribuindo uma característica), mas substância é constituída por moléculas, íons ou átomos que interagem e essas espécies são formadas a partir de ligações químicas. Só que eu não coloquei que apresenta propriedades definidas.*

A forma como a estudante relacionou os conceitos no seu mapa e definiu substância ao lê-lo, aponta mais uma vez para problemas de conceituação, que se relacionam às dificuldades em abstrair os aspectos particulares do material e estabelecer condições necessárias e suficientes (CNS) para caracterizar uma substância, ou seja, definir os critérios de conceituação, de modo a formar uma classe/categoria que abarque qualquer tipo de substância.

A última questão (Cite cinco conteúdos de química que necessitem do conceito de substância para a sua abordagem, explicando a necessidade do conceito em cada caso) nos chamou atenção, pois além de demandar mais tempo para respondê-la, os estudantes explicitaram dificuldade. E mais uma vez, Bia salientou:

— *Essa questão é horrível.*

Apesar da dificuldade em responder à questão, a estudante citou cinco conteúdos químicos (*separação de mistura, soluções química, reações de oxirredução, eletroquímica e entalpia de formação*), mas em nenhum dos casos conseguiu explicitar a importância do significado de substância para abordá-los.

Relembrando uma das falas de Bia ao responder ao questionário (*Eu preciso do conceito para abordar o conteúdo. O conceito aparece mais não é o principal. Acho que a pessoa precisa saber, mas não usa conscientemente.*), retomei a discussão sobre esta questão.

Pesquisadora:

— Em sua resposta, você mencionou que buscou *estabelecer relação com conteúdos que necessitem de algum entendimento sobre substância*. Note, ao longo do curso de química, todos esses conteúdos mencionados são abordados, por outro lado, você informou que em nenhum momento se discute o significado de substância química. Embora você diga que os

conteúdos necessitam de algum entendimento acerca do conceito de substância, em sua opinião, é possível compreendê-los sem saber o significado de substância química?

Ela prontamente afirmou:

- É. Acredito que sim. Agora, algumas propriedades das substâncias, acredito que não. Por exemplo, o primeiro conteúdo que me veio à mente foi nox. Sempre que aparece uma substância simples, é meio que instantâneo a gente colocar o nox zero. Mas aí a pessoa tem que saber o que é uma substância simples para atribuir o nox zero. Então, de certa forma, a pessoa tem que saber caracterizar a substância simples ou composta, mas não o que significa a substância.

A estudante enfatizou que mesmo ao trabalhar um conteúdo associado ao conceito de substância simples, não é preciso saber o significado de substância química, faz-se necessário saber classificá-la em simples ou composta. Isto revela a percepção da estudante acerca de uma relação entre os termos conceituais — substância simples e nox —, mas não, entre os significados desses termos.

Notamos que as dificuldades conceituais de Bia se estendem a vários termos químicos, quiçá, muitos outros. Tal fato sugere que o ensino e o estudo desenvolvido ao longo do curso foram insuficientes para uma aprendizagem duradoura, indicando a necessidade de se repensar a formação de professores de Química na IES.

Sabendo-se que o conceito de substância se relaciona com os eixos estruturantes da química: composição e transformações dos materiais (BESAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996; BROCK, 2000), entendemos que a abordagem de seu significado é imprescindível à compreensão do sistema conceitual no qual está inserido.

Após Bia esclarecer algumas respostas do questionário, demos continuidade à entrevista apresentando-lhe novos problemas relacionados ao conceito de substância. Abordamos a questão da síntese da acetanilida contemplando algumas etapas envolvidas no processo e informamos que um dos produtos obtidos é a acetanilida, porém, contendo impurezas. Sabendo que se deseja obter a acetanilida pura, perguntamos de que forma esta substância pode ser obtida.

Após um tempo curto de silêncio, a estudante respondeu à questão:

— Você poderia usar um método de separação baseado... Você poderia... Não lembro ao certo se era ponto de ebulição, não lembro qual foi o método utilizado.

A estudante respondeu que para obter a acetanilida pura é preciso submeter o material a um método de separação, embora não tenha explicitado-o como método de purificação. De fato, o primeiro termo costuma ser mais utilizado que o segundo. Porém, reencontramos o

problema da dificuldade de significação: método de separação é um processo, ao passo que temperatura de ebulição é uma propriedade.

Sobre a caracterização da substância e a importância das propriedades físicas como indício da pureza material, indagamos:

— Suponhamos que se utilizou um método específico de separação, como é possível saber que o material obtido é a substância desejada, a acetanilida pura?

Sem demonstrar dificuldade para responder à questão, Bia afirmou:

— *Você pode fazer um teste de ponto de fusão, esses testes que dá para ver a propriedade física e depois pesquisar.*

A resposta da estudante demonstrou, mais uma vez, que ela utilizou o critério de classificação dos materiais, as propriedades físicas, em diversos momentos da coleta de dados. Isso demonstra um certo nível de conscientização ou de reconhecimento das situações onde os termos fazem sentido, o que pode ser um ponto de partida para a tomada de consciência dos conceitos, a depender dos significados construídos.

Continuamos o diálogo tentando compreender a concepção da estudante quanto à pureza de um material:

— Você disse que submeteria o material obtido na síntese a um processo de separação e em seguida determinaria o ponto de fusão para checar se seria realmente a substância acetanilida. Do ponto de vista químico, substância é um material puro ou impuro?

Bia:

— *Puro.*

Pesquisadora:

— O que indica essa pureza?

Bia:

— *Se não for puro não é substância, não é? Risos*

Pesquisadora:

— E o que é que faz dele puro?

Bia:

— *Seriam as propriedades físicas.*

Pesquisadora:

— Se você tivesse que explicar para alguém o que é material puro, o que você diria?

Bia:

— *Material puro é um material que não é uma mistura e que tem propriedades físicas e químicas bem definidas e fixas.*

Em nosso trabalho, conforme apresentamos anteriormente, consideramos material puro como aquele que passou por um processo de purificação, originando uma só substância. Ser puro é ser constituído dele mesmo, o que implica uma composição definida e um conjunto de propriedades características/constantes. Embora Bia não conceitue substância a partir dos critérios esperados (composição, propriedades e pureza), estabelecendo as relações entre eles, em diversos momentos de sua fala, podemos perceber que, de forma implícita, ela caracteriza substância como material puro, contrapondo o conceito à noção de mistura.

Para concluir a entrevista, elaboramos uma pergunta expondo situações em que o termo puro aparece apresentando a vertente espontânea (itens I e II) e a vertente científica (item III)¹³. No item I, puro se relaciona ao material adequado para o consumo. No item II, aparentemente, o termo puro produz ideia de uma única substância, por isso, informamos a composição do ouro no enunciado da questão para que a estudante pudesse interpretar a frase e perceber que se trata de uma mistura de substâncias. Apenas o item III apresenta a vertente científica, de modo que o material puro aparece como oriundo do processo de purificação química. Neste item, a estudante precisa identificar a substância como material que passou por um processo de purificação.

Ao ler os três itens, inicialmente, a estudante informou que nos três casos o termo puro(a) apresentava o mesmo significado. Após a releitura do item III, ela salientou:

— *Hum! Eu tô com dúvida ainda só no último. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**. Eu acho que... Essa daqui está me deixando um pouco confusa. Tá partindo que depois da purificação ele esteja só. Eu acho que é a questão do só né? A água está só, o ouro está só, o material está só. Acho que todos tem o mesmo sentido, significado.*

Mesmo tendo sua atenção chamada para o fato de que o ouro dito puro que costuma ser vendido nas joalherias é uma liga metálica, ela afirmou:

— *Eu acho que nesse ‘aliança de ouro puro’, tem embutido que o ouro tá em maior quantidade, em relação a outros. Tipo só ele mesmo.*

A maior familiaridade com o termo puro(a) proveniente das experiências do dia a dia, pode ter gerado a confusão que Bia expressou em relação ao entendimento do item III, que por estar expresso em terminologia química, diferencia-se dos itens I e II. Tanto que, em suas falas, há uma substituição do termo químico puro pelo termo cotidiano só, de modo que a

¹³ I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.

II. A aliança é de ouro **puro**.*

III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

estudante pudesse compreender a pureza expressa no item III.

A estudante procurou resolver a questão reduzindo os significados das três asserções ao fato do material estar só, porém sem justificar a “solidão” (pureza) dos materiais.

A fim de verificar se a estudante compreendia a vertente espontânea e a científica associada à pureza dos materiais, indagamos:

— E a água quando passa pela estação de tratamento, você acha que ela chega pura, “só”, como mencionou?

Bia:

— *Não, eu não tô dizendo que é verdadeira, eu tô dizendo que tem o mesmo significado.*

Bia volta a ler os itens e diz:

— *Depois do que você falou, posso mudar? Agora, analisando, esse pura (referindo-se à água) eu acho que está relacionada com o própria para o consumo, não quer dizer que esteja tipo **pura, tipo sozinha, a substância água**, mas que a mistura água potável está aceitável para ser consumida. O significado de pura é própria para o consumo, **não pura de pureza, de propriedades e tudo mais.***

Na fala acima, é possível perceber que Bia distinguiu substância (*a substância água*) de mistura (*a mistura água potável*) por meio do critério de pureza, relacionado a propriedades. Desse modo, podemos inferir que, embora a estudante tenha apresentado dificuldade em conceituar substância e refletir sobre o seu uso/importância na abordagem dos conteúdos ao responder ao questionário e durante a entrevista, neste ponto, ela reconhece uma distinção entre pureza no sentido cotidiano e pureza química. Entretanto, tal distinção aparece de modo relativamente vago, uma vez que Bia não soube explicitá-la.

Mais uma vez, ela releu o item III e respondeu:

— *Acredito que esta é que esteja mais se aproximando a definição lá de acetanilida, mas que não seria somente o material puro, porque a gente purifica, mas também tem outras impurezas, mas acredito que a três é a que mais se aproxima.*

A análise do percurso como um todo revela que em diversos momentos, Bia enunciou relações entre diversos termos do sistema conceitual de substância, porém, de modo disperso. Tal fato revela a falta de sistematização do conceito de substância química ao tempo que sugere possibilidades para que tal venha ocorrer no futuro. Por exemplo, a discussão da síntese da acetanilida com a entrevistadora possibilitou que a estudante adotasse a pureza material como um critério de classificação, formando uma categoria/classe capaz de inserir um material no conceito de substância.

O percurso da entrevista também possibilita inferir que a natureza das questões pode ter influenciado as respostas de Bia, propiciando um momento de reflexão, onde a atenção, a memória, o pensamento e a linguagem foram mobilizados de modo que a problematização pode ter favorecido a construção inicial do conceito de substância naquele momento, caracterizando o início de um processo de desenvolvimento. Pensamos dessa forma ao perceber que em nenhuma das respostas ao questionário, Bia atentou para a pureza material relacionando-a ao conceito de substância. Sendo assim, as nossas questões, além de terem levantado a concepção da discente quanto ao conceito de substância e o uso do conceito na resolução das questões, podem ter mobilizado o seu psiquismo (corroborando a ideia de Vigotski acerca da importância da problematização para o processo de formação dos conceitos) e, de alguma forma, mesmo sem intencionarmos, terem favorecido algum desenvolvimento.

4.1.2 O conceito de substância segundo Pamela

Ao indagarmos se em algum momento do curso de licenciatura em Química a estudante participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância (Questão 1), Pamela não mencionou nenhuma experiência relacionada aos componentes do curso, mas, informou que participou de um minicurso na Semana de Química da UNEB, no qual discutiu-se o conceito de substância. De acordo com a estudante, entre os participantes do minicurso havia professores que ministravam aulas de Química há anos e informaram que tinham dificuldade para definir o conceito. Na entrevista, ela salientou que durante o questionário também sentiu dificuldades em conceituar o termo substância, em diferenciar substância de mistura e em relacionar o conceito de substância com conteúdos de química. De acordo com Pamela, substância:

— É um termo que a gente fala desde Geral 1 e se a gente chegar, por exemplo, em Estágio IV, quando vamos trabalhar, quando estamos lá ministrando uma aula, aí, o conceito de substância, cadê? A gente fica sem entender como é que a gente define aquilo para o estudante. Por exemplo, a gente foi assistir a aula de uma professora e ela estava com esses erros/equívocos bem grandes. Ela atribuía características de molécula para substância e a aula foi uma confusão na minha mente e na do outro estagiário também. A gente falou assim: Nossa! Como é importante a gente ter estabelecido, bem definido o que é isso, o que é aquilo, senão acaba dificultando a aprendizagem dos alunos.

Na fala exposta acima, a estudante sinalizou a necessidade de compreender a definição

dos termos conceituais, o que facilita a abordagem do conteúdo e pode favorecer a compreensão deste pelos estudantes. Mais uma vez, constatamos que o emprego do termo substância nos componentes do curso de Licenciatura em Química não possibilitou à estudante a construção e assimilação do conceito.

Sobre o que a estudante entende por substância química (Questão 2), ela alegou que substância é *constituída por um único tipo de constituinte, podendo esse ser: moléculas, como por exemplo $Cl_{2(g)}$, íons e/ou um arranjo tridimensional de átomos*. Pamela entende, também, *que substância apresenta-se em um estado físico (gasoso, líquido, sólido) e que propriedades como ponto de fusão, ebulição estão relacionadas a tal*.

Em sua resposta, é possível perceber que a estudante explicitou o significado de substância a partir dos critérios: composição, associada a um tipo de constituinte; propriedades físicas, ao mencionar os pontos de fusão e ebulição, e estado físico. Estes são os conceitos que começam a fazer parte do sistema de substância apresentado por Pamela. Ressaltemos que a relação entre propriedades físicas e substância não está clara.

Enquanto a entrevista prosseguia, a estudante fazia algumas críticas à abordagem do conceito que ela presenciou no ensino médio e de forma indireta, ampliava o seu sistema conceitual: *“a professora chamava molécula de substância”, “primeiro ela abordou propriedades, temperatura de fusão, sem falar do conceito de substância, aí também eu já nem entendi como foi isso que ela fez. Ela não abordou o conceito”*. *“Falar de substância é falar de elemento, átomos, né isso?”* Através de sua pergunta, podemos inferir que para a estudante, átomos e elementos também compõem o sistema de substância, embora neste momento não seja possível compreender como ela relaciona os termos conceituais.

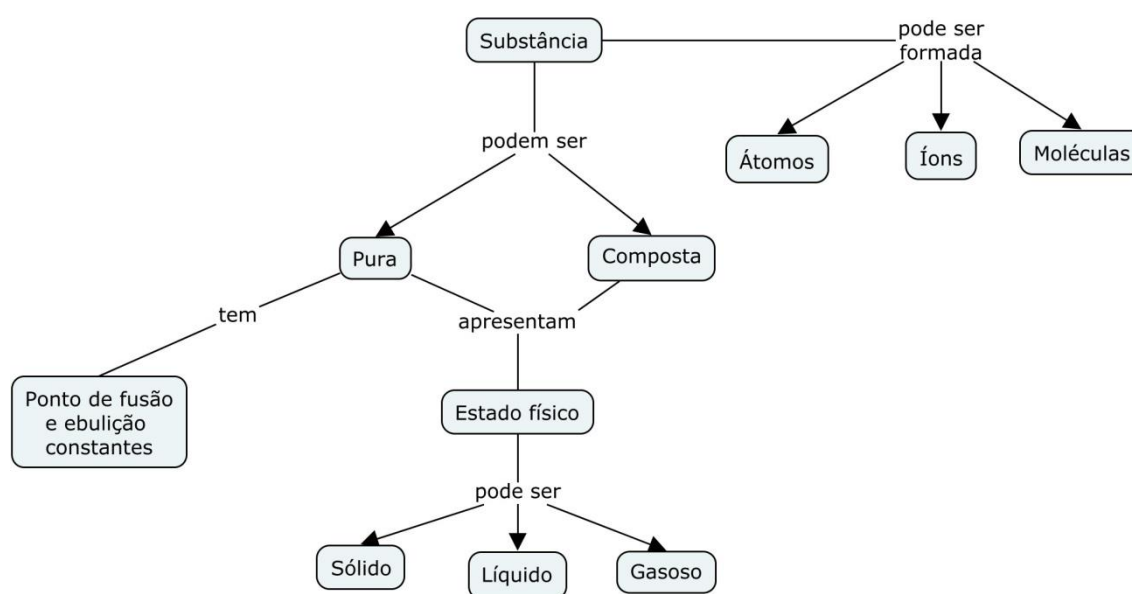
Um fato notável é a distinção entre substância e molécula que Pamela faz: ela reconhece que são conceitos pertencentes a níveis ontológicos diferentes. Isto é muito importante para elaborar o conceito de substância (e de molécula).

Sobre o critério adotado para classificar os materiais em substância química ou mistura (Questão3), a estudante respondeu: *Não lembro. Desculpe-me*. Neste caso, percebemos que apesar dela ter explicitado o conceito ao responder à questão 2, os critérios utilizados talvez não estejam estáveis em sua consciência, de modo que o invariante não está bem estruturado a ponto de possibilitar inserir exemplares no conceito de substância e excluir o que não é uma substância. Outra possibilidade é a estudante não ter compreendido o que significava o termo critério quando aplicado ao conceito de substância.

Ao questionar quais conceitos a estudante considera indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância (Questão 4), ela mencionou, ampliando o seu

sistema conceitual, os conceitos de *molécula*, *átomos* e *ligações químicas* (*iônica*, *covalente* e *metálica*). Analisando esta resposta e as anteriores, os termos conceituais relacionados ao conceito de substância pela estudante foram: constituintes, propriedades físicas, estados físicos (critérios de conceituação), átomos, elementos, moléculas e ligações químicas. Para melhor compreender este sistema e as relações conceituais estabelecidas, analisaremos o mapa conceitual da estudante (Questão 5).

Figura 6 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Pamela



Fonte: a estudante Pamela

Em seu mapa conceitual, a ideia de composição da substância aparece quando a estudante se refere aos constituintes átomos, íons e moléculas. As propriedades físicas também aparecem ao mencionar a constância dos pontos de fusão e de ebulição, assim como também se refere aos estados físicos da matéria, ou seja, em seu sistema, ela contempla todos os critérios utilizados na conceituação de substância química. Ao estabelecer estas relações em diferentes momentos (no questionário e no mapa conceitual), a estudante demonstrou estabilidade quanto aos critérios utilizados na conceituação de substância. Isto reforça a hipótese de não saber informar os critérios utilizados por não identificar tais características das substâncias como critérios de classificação.

Entre os termos destacados anteriormente, não identificamos no mapa a presença dos conceitos de elemento e de ligação química, o que pode ser um indício da dificuldade em

relacioná-los ao conceito de substância de modo a adequá-los em seu sistema.

À medida que a entrevista prosseguia e discutíamos sobre o seu mapa conceitual, percebíamos que a concepção de pureza e sua relação com a substância química não era algo trivial para Pamela. Em suas respostas, perguntas e no mapa confeccionado, a estudante mostrou-se muito confusa ao se referir aos termos: substância pura, substância simples e substância composta, como coisas totalmente distintas. Essa constatação foi observada em diferentes momentos, entre eles:

1) Quando a estudante nos perguntou:

— *Pró, me diga uma coisa, qual a diferença de substância pura e substância simples?*

Eu sempre me confundo.

2) Ao classificar no mapa conceitual substância como pura ou composta. Desconfiamos que, para a estudante, substância composta e mistura são a mesma coisa, uma vez que ela relacionou a constância dos pontos de fusão e ebulição apenas a “substância pura” e não o fez para a substância composta (ver mapa conceitual na página anterior).

Sabemos que toda substância, seja simples ou composta, é um material puro. Além da ausência do critério de pureza na conceituação de substância e na classificação dos materiais em substância ou mistura (embora o termo puro apareça do mapa), o mapa conceitual apresentado reforça a dificuldade de Pamela em compreender a pureza material como um critério que caracteriza **qualquer** substância química, uma vez que, no sistema apresentado, a substância é classificada como pura ou composta, ou seja, para a estudante, substância composta não é um material puro.

Como Pamela não apresentou nenhum critério para classificar os materiais em substância ou mistura (Questão 3), tentamos fazer com que a estudante refletisse sobre a classificação dos materiais e explicitasse melhor o seu pensamento.

Pesquisadora:

— Se você estivesse dando aula e um aluno perguntasse qual a diferença entre substância e mistura, o que você diria? Como explicaria isso ao estudante?

Pamela:

— *Rapaz pró, eu vou responder o que vier na minha cabeça. Substância composta para mim seria uma mistura, seria equivalente a uma mistura, igual a um composto. Substância composta seria então a mistura que por sua vez seria um composto. Eu iria dizer isso, mas uma mistura não seria uma substância pura, por exemplo. Entendeu?*

A fala de Pamela indica que, de fato, ela disse o que veio à sua cabeça no momento da entrevista. Sem saber distinguir substância de mistura, estabelece uma identidade entre

substância composta e mistura e, sem conseguir avançar na explicação, cai num círculo vicioso. Apesar de informar que uma mistura não é uma substância, ela não explicita essa diferença. Continuamos instigando a reflexão sem explicitar os significados dos termos abordados.

Pesquisadora:

— Olhe só, os materiais podem ser classificados em substância ou mistura. E as substâncias podem ser simples ou compostas. Quando você fala que a substância composta é a mesma coisa de mistura, você está dizendo que substância e mistura são a mesma coisa.

Pamela:

— *Isso. É. Não sei!*

Pesquisadora:

— E é a mesma coisa?

Pamela:

— *Oh pró, risos. Na minha cabeça... Sei lá.*

A estudante tem consciência de que não sabe a diferença solicitada, de modo que, sua tentativa resulta em ideias confusas e essa confusão em seu pensamento era facilmente percebida por meio de sua linguagem oral (acima) e das relações apresentadas em seu mapa conceitual.

Pesquisadora:

— Quando você diz que substância pode ser composta ou pode ser pura, a substância composta para você não é pura. E o que você está entendendo por substância composta?

A estudante ficou pensativa, em silêncio. Após alguns instantes, respondeu:

— *Substância composta é aquela formada por dois constituintes. Tipo, é... Como eu posso falar?*

Antes de motivá-la na tentativa de que ela percebesse que toda substância é um material puro, gostaríamos que ela resolvesse a confusão na classificação da substância que apareceu em seu mapa (substância pode ser pura ou composta). Para isso, continuamos com as provocações:

— Pense na representação de uma substância, em sua fórmula química, e dê um exemplo de uma substância simples e uma substância composta.

Pamela:

— *Substância simples? Oh meu Deus! Cadê? Cl_2 .*

Pesquisadora:

— Agora dê um exemplo de uma substância composta. Qual é a diferença entre a

substância simples e a substância composta?

Diante da dificuldade da estudante em exemplificar uma substância composta, fornecemos a representação $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ e perguntamos se se tratava de uma substância simples ou composta e ela a identificou como uma substância simples.

A entrevista com Pamela foi marcada por momentos delicados, uma vez que a estudante estava confusa e fazia muitas perguntas a fim de sanar suas dúvidas. Apesar dos problemas conceituais e das dificuldades apresentadas, durante a graduação ela sempre demonstrou dedicação e interesse em aprender e nós, naquele momento, como pesquisadores, não podíamos dar uma aula e dirimir suas dúvidas, estávamos ali para investigar suas concepções, mas com muita vontade de ajudá-la a organizar as ideias em seu pensamento e construir significados coerentes com o conhecimento científico.

No decorrer do diálogo, apresentamos alguns exemplos de substâncias simples e compostas para que a estudante conseguisse compreender a diferença entre elas e, principalmente, que toda substância é um material puro. Ela reconheceu que *compreendia a substância simples como substância pura por apresentar apenas um constituinte* (deu o exemplo da molécula Cl_2) e substância composta como uma mistura, um composto químico.

Notamos que Pamela não demonstra estranheza ao termo substância, que o emprega sem vacilação. Porém, o desconhecimento demonstrado do seu conceito, considerando que a estudante está próxima ao final do curso, é um forte indicador de que o termo substância é empregado sem o necessário exercício da sua explicitação ao longo do currículo, de modo a fixá-lo na memória. Inferimos que a aprendizagem do conceito de substância por Pamela se deu de modo mais espontâneo que científico.

Para dar continuidade à reflexão sobre o conceito de substância e compreender melhor o significado apresentado pela estudante, apresentamos a síntese da acetanilida, um resumo das etapas envolvidas no processo e retomamos as questões:

— Sabendo-se que se deseja obter a acetanilida pura, de que forma esta substância poderá ser obtida?

Pamela:

— *Tem que retirar a impureza.*

Pesquisadora:

— E como é que se retira essas impurezas?

Pamela:

— *Aplicando uma técnica de purificação.*

Pesquisadora:

— Que técnica de purificação você aplicaria para purificar a acetanilida, considerando que se tem uma mistura no estado sólido?

Pamela:

— *Faz uma cristalização.*

Pesquisadora:

— Vamos partir do pressuposto de que você fez diversas cristalizações e obteve o material de forma isolada. Como é possível saber que esse material é a acetanilida pura?

Pamela:

— *Leva ele para cromatografia de camada delgada ou, por exemplo, bota ele no equipamento de ponto de fusão.*

As respostas da estudante nos permitem inferir que ela consegue associar o método de separação apresentado, a cristalização, com a obtenção da substância acetanilida, percebendo este processo como a purificação do material. Outra questão importante a ser destacada é a utilização da propriedade física como forma de identificação da substância desejada, ou seja, como indício da pureza do material. Propriedades físicas foi o único conteúdo que a estudante conseguiu relacionar ao conceito de substância ao responder à questão 6 (Cite cinco conteúdos de química que necessitem do conceito de substância para a sua abordagem, explicando a necessidade do conceito em cada caso). Porém, por não conseguir explicar a relação conceitual entre substância e propriedades físicas, verificamos que a estudante apresenta dificuldade em justificar as relações conceituais entre os termos utilizados, neste sentido, inferimos que o uso dos conceitos se dá de forma pouco sistemática e, possivelmente, com baixo nível de consciência.

Outro ponto a ser considerado é que, no mapa conceitual, ela explicitou a relação entre ‘substância pura’ e propriedades constantes ao se referir aos pontos de fusão e de ebulição. Neste caso, inferimos que as propriedades físicas aparecem como atributos que não variam entre as substâncias (invariantes) e apresentam-se como um critério de conceituação. Por aparecer em diferentes momentos do processo, estes invariantes parecem estar parcialmente estáveis e uniformes na estrutura psicológica de Pamela. A importância das propriedades foi novamente destacada no diálogo:

Pesquisadora:

— Você acabou de informar que a substância é um material puro. Se você tivesse que explicar para alguém o que é um material puro, o que indica a pureza de um material do ponto de vista da química, como você explicaria?

Pamela:

— *Cadê o meu mapa pró? É isso aqui oh. É a constância no ponto de fusão, ebulição, é a constância dessas propriedades.*

Pesquisadora:

— Então, para você, material puro apresenta propriedades físicas constantes?

Pamela:

— *Sim, é uma das características dele.*

Pesquisadora:

— Olhando a fórmula química da acetanilida, você a classifica como uma substância simples ou composta?

Pamela:

— *Composta pró, ela é formada... A substância é formada por moléculas que apresentam átomos de determinados elementos diferentes.*

Após os exemplos de substâncias simples e composta, a estudante passou a demonstrar entendimento acerca da classificação das substâncias, o que aponta para uma mudança nas relações conceituais inicialmente apresentadas. Outro fator importante de destacar é que, apesar de não ter apresentado no questionário a pureza material como critério de conceituação, na entrevista, a concepção de substância como material puro tornou-se evidente. Essa fluidez no pensamento, inicialmente apresentado de forma confusa e posteriormente de forma mais segura, aponta para um processo de transformação, ou seja, as questões e os diálogos permitiram algum tipo de recuperação da aprendizagem, que pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento conceitual da estudante.

A entrevista de Pamela foi a mais demorada e talvez a que mais nos permitiu atuar na sua memória e no seu pensamento. Por meio da problematização, do diálogo e de exemplos, percebemos, ao longo do processo, que houve algum tipo de rememoração por parte da estudante, uma vez que novas sistematizações foram explicitadas.

Quando indagamos sobre as possíveis formas de obtenção da substância, Pamela informou que substâncias podem ser obtidas por meio de sínteses, mas que após a síntese é necessário haver a purificação. Sua resposta demonstra que a estudante atentou para a pureza do material como um critério que abarca as substâncias, o que implica que novas abstrações foram feitas ampliando a medida de generalidade do seu sistema conceitual.

Para encerrar a entrevista, apresentamos três situações¹⁴ nas quais aparece o termo puro(a) e solicitamos que a estudante identificasse em qual situação o termo puro relacionava-se ao conceito de substância. Pamela informou que no item III o termo puro estava associado ao conceito de substância.

Pesquisadora:

— Por que você acha que o termo puro no item III se refere à substância e nos itens I e II não?

Pamela:

— *Porque estão se referindo a mistura, lá em cima [itens I e II]. Gente! Por quê? Porque a questão da pureza não está relacionada à substância? Ah pro, não entendi a pergunta. Oh pró, desculpa.*

A primeira frase da resposta de Pamela sugere que ela entendeu a pergunta, mas como não sabia justificar quimicamente sua resposta, disse não havê-la entendido. Apesar de perceber que os itens I e II não se referiam à substância (por se tratar de uma mistura) e relacionar o processo de separação/purificação com a obtenção da substância, a dificuldade em justificar suas respostas aponta para a necessidade da estudante tomar consciência dos significados dos termos utilizados. Também torna-se necessário organizar as ideias em seu pensamento de modo mais sistemático e, conseqüentemente, se expressar melhor por meio da linguagem escrita e oral.

4.1.3 O conceito de substância segundo Fábio

Ao indagarmos se em algum momento do curso de licenciatura em Química o estudante participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância (Questão 1), Fábio informou que o conceito foi abordado nos seguintes componentes curriculares: 1) em Química Geral I, quando discutiu-se os conceitos de substância simples e composta; 2) em Conteúdos de Química para o Ensino Médio, quando os estudantes analisaram alguns conceitos químicos em livros didáticos de ensino médio e superior, entre eles, os conceitos de substância simples e composta, misturas e soluções; 3) Em Estágio Supervisionado IV, quando os estudantes precisaram ministrar aulas sobre ligações químicas.

¹⁴ I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.

II. A aliança é de ouro **puro***.

III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

Sabendo que o conceito de substância foi contemplado em diferentes momentos da graduação, buscamos compreender como o seu significado foi assimilado pelo estudante. Questionamos se além da classificação abordou-se a conceituação de substância química, ou seja, o significado químico do termo substância.

Fábio respondeu:

— *Só na classificação. Em Estágio IV também, quando o conteúdo que a gente ministrou foi Ligações Químicas. Muitos estudantes, nas aulas simuladas, falavam que, por exemplo, a ligação covalente acontece entre ametal e ametal, só que aí ficava dando a entender que era a substância, não dava ênfase ao termo átomo de ametal, falavam como se fossem entre substâncias. Só nessas situações. Sendo assim, sugeriu-se inserir a palavra átomo ao se referir à ligação. Por exemplo: a ligação covalente ocorre entre átomos de ametais.*

Em relação às abordagens citadas pelo estudante, percebemos que não se discutiu o conceito de substância nos componentes mencionados, apesar do termo ter aparecido em algumas aulas. Essa ausência de conceituação pode ter dificultado a construção de seu significado pelo discente.

Para Fábio, substância química (Questão 2) é *o conjunto de átomos, moléculas ou íons que interagem entre si por meio de interações interpartículas*. A fim de estimular o estudante a refletir sobre o conceito, iniciamos a problematização.

Pesquisadora:

— Além da substância, as misturas também não têm átomos, moléculas e íons que interagem entre si? Qual seria a diferença entre substância e mistura?

Fábio:

— *Na mistura eu tenho mais de uma substância e na própria substância eu tenho um tipo de espécie, no caso, uma molécula ou ...*

É possível perceber que embora o estudante conceitue substância a partir da interação entre as espécies químicas, outro critério utilizado por ele é a composição definida, que aparece em sua resposta ao se referir a um tipo de espécie constituinte.

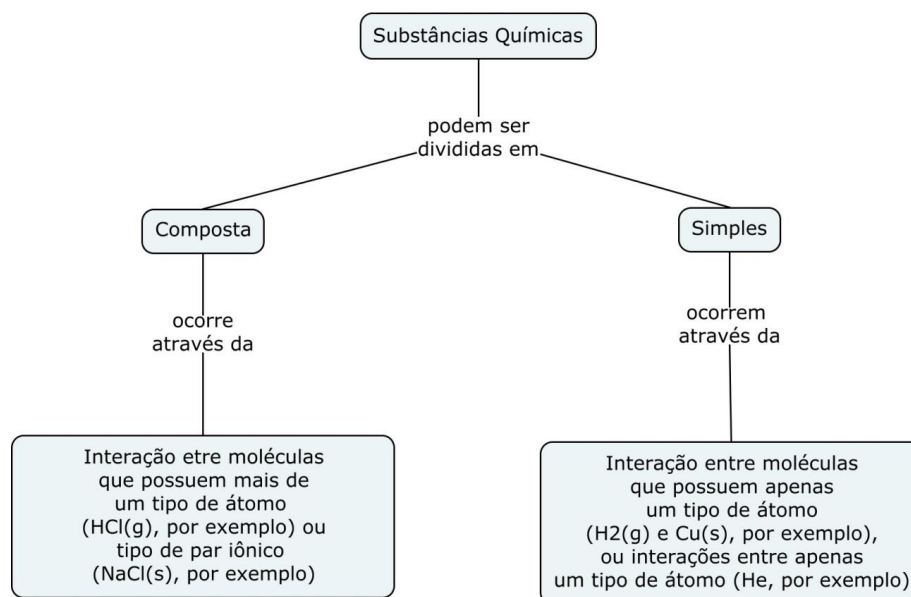
Para classificar os materiais em substância ou mistura (Questão 3), Fábio utilizou como critério de classificação a quantidade de espécies químicas que interagem entre si, salientando que na *substância química há interação entre apenas **um tipo** de átomo, molécula ou par iônico*.

Ao analisarmos as respostas às questões 2 e 3, percebemos que os critérios de conceituação e classificação dos materiais são os mesmos, ou seja, para conceituar substância

e classificar o material em substância ou mistura, o estudante se referiu à interação entre as espécies e à composição definida. A repetição dos termos conceituais em situações diversas sinaliza quão estável e uniforme é o invariante do conceito. Ao explicitar o significado de substância, o estudante consegue formar uma classe que lhe permite inserir exemplares dos materiais em seu conceito: toda substância apresenta apenas um tipo de constituintes que interagem entre si. O invariante neste caso refere-se a um único tipo de espécie química que caracteriza a substância.

Para identificarmos os termos conceituais relacionados ao conceito em estudo, perguntamos quais conceitos o estudante considera indispensáveis para a compreensão do conceito de substância (Questão 4). De acordo com Fábio, os conceitos importantes para compreender substância são: *íons, átomos, moléculas, os diferentes tipos de interação interpartículas e ligação química*. Percebemos, novamente, a repetição dos termos sinalizados anteriormente, por meio dos quais o estudante conceituou substância a partir da composição e interação das espécies constituintes. Para compreender a sistematização entre os termos conceituais apresentados, analisaremos a seguir seu mapa conceitual.

Figura 7 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pelo estudante Fábio



Fonte: estudante Fábio

Um mapa conceitual sobre substância deve apresentar a conceituação deste termo a partir das relações conceituais estabelecidas. Apesar de classificar as substâncias por meio da interação entre as espécies químicas, mantendo o critério utilizado em sua definição, no mapa, o estudante não explicitou o significado de substância. A dificuldade em explicitar o conceito

e a ênfase na classificação pode ser um reflexo das abordagens mencionadas nos componentes curriculares, que em sua maioria, abordou a classificação das substâncias em simples e compostas sem uma atenção à conceituação do termo substância.

Ao escrever um texto dentro de uma caixinha, onde se devem colocar os conceitos, percebemos que o estudante deixou de explicitar novas relações, refletindo pouca sistematicidade em seu mapa. Outra questão importante é que a relação entre substância e a composição fixa (*na substância química há interação entre apenas um tipo de átomo, molécula ou par iônico*) não apareceu no mapa, tampouco os termos relativos à pureza material e à constância das propriedades físicas.

Sobre a função do conceito, ao pedir que o estudante citasse cinco conteúdos de química que necessitem do conceito de substância para a sua abordagem, explicando a necessidade do conceito em cada caso (Questão 6), Fábio mencionou apenas o conteúdo de *misturas*. Para ele, *para saber a quantidade de componentes que há numa mistura, deve-se saber o que é substância e saber que a mistura é formada por pelo menos duas substâncias diferentes*. Apesar de ter mencionado apenas um conteúdo, Fábio conseguiu justificar a importância do significado de substância para a compreensão de uma mistura, o que implica algum nível de consciência quanto ao uso do conceito. **Ter consciência de um conceito, para nós, significa saber explicitar o significado, aplicar em situações diferentes e justificar o uso.**

Ainda sobre a função do conceito, o estudante também salientou que o conceito de substância aparece na abordagem de outros conteúdos. Para ele, usam-se o termo substância, mas não precisam do conceito de substância para sua compreensão. Partindo do pressuposto de que o conceito de substância é uma ideia estruturadora do pensamento químico, para nós, a dificuldade de Fábio em articular o conceito de substância com outros conteúdos químicos reflete a pouca amplitude do seu sistema conceitual.

Até este momento da investigação, percebemos que Fábio apresentava um sistema simplista para o conceito de substância, com poucas relações conceituais, sem se referir as propriedades físicas que a caracterizam e a pureza material. Para que ele pudesse refletir sobre o conceito e explicitasse melhor o significado e as relações conceituais, apresentamos a questão da síntese da acetanilida e retomamos a problematização.

Pesquisadora:

— Sabendo que se deseja obter a acetanilida pura, de que forma esta substância poderá ser obtida? O que é que você faria se eu te desse o precipitado e informasse que ele é contido por acetanilida com algumas impurezas e eu desejo obter a acetanilida pura?

Fábio:

— *Destilação, não sei.*

Pesquisadora:

— Note que eu tenho um material no estado sólido, o precipitado.

Fábio:

— *Poderia fazer recristalização.*

Pesquisadora:

— Por que você acha que poderia ser feita uma recristalização? De que forma ela ajudaria na obtenção da acetanilida?

Fábio:

— *Mais pura.*

Pesquisadora:

— Iria purificar o material?

Fábio:

— *Isso.*

Apesar de não ter mencionado o critério de pureza na conceituação de substância, ao citar a recristalização como método de obtenção da acetanilida, o estudante parece entender o processo de purificação como meio de obtenção da substância. Neste sentido, ainda que de forma implícita, aparece uma nova relação conceitual: substância x pureza. Para poder inferir melhor sobre essa constatação, prosseguimos com os questionamentos.

Pesquisadora:

— Após a recristalização, como é possível saber que o material obtido é a substância desejada, a acetanilida pura?

Fábio:

— *Determinando o ponto de fusão.*

Embora não tenha relacionado substância com a constância das propriedades físicas, ao apresentar o ponto de fusão na caracterização da acetanilida, a propriedade aparece como um indício da pureza material. Para compreender melhor como o estudante relaciona substância e a pureza material, indagamos:

— Na sua concepção, substância é um material puro ou impuro?

Fábio:

— *Puro.*

Pesquisadora:

— Por quê?

Fábio:

— *Se for impuro eu vou ter mais de uma substância, no caso.*

Pesquisadora:

— E o que indica que o material está puro? O que indica a pureza de um material?

Fábio:

— *Se eu tiver uma substância só com um tipo de espécie, de molécula, átomos.*

Pesquisadora:

— Se você tivesse que explicar para alguém o que é material puro do ponto de vista químico, o que diria?

Fábio:

— *Que tem apenas um tipo de substância.*

De acordo com as respostas de Fábio, material puro é aquele que tem apenas um tipo de substância, que por sua vez, é constituída por um único tipo de espécie química. Verificamos que o estudante conseguiu estabelecer relações entre substância e as espécies químicas, entre substância e a pureza material e percebeu a importância do ponto de fusão na caracterização da acetanilida. Neste sentido, ainda que as respostas tenham sido influenciadas pelos questionamentos feitos, o estudante conseguiu apresentar três importantes critérios para a compreensão do conceito em estudo: as propriedades físicas, a pureza material e a composição.

As novas relações conceituais apontam para a amplitude do sistema conceitual de substância proporcionada pelo papel da problematização na construção dos conceitos e sistematização do pensamento. Embora Fábio seja um estudante de respostas diretas e poucas perguntas, conseguiu atender (de alguma forma) ao que se esperava com a elaboração das questões.

Para que o estudante buscasse estabelecer relações entre substância, pureza e método de separação/purificação, perguntamos de que forma uma substância química pode ser obtida.

Fábio respondeu:

— *A partir da reação de duas outras substâncias.*

Pesquisadora:

— Tipo a síntese da acetanilida?

Fábio:

— *Sim.*

Pesquisadora:

— A gente colocou duas substâncias para reagir e não obteve só a acetanilida. A gente

obteve uma nova mistura. Mesmo após uma reação de síntese, o que é preciso fazer para obter apenas a substância desejada?

Fábio:

— *Utilizar algum método de separação para remover as impurezas.*

Ao perceber que o estudante associa o método de separação com a purificação do material, ou seja, com o processo de obtenção da substância, pedimos que exemplificasse um processo utilizado para separar/purificar uma mistura. Fábio respondeu:

— *Agora você me pegou. A própria destilação para separar dois líquidos.*

Pesquisadora:

— E como ocorre a purificação por meio da destilação? Por que ela purifica?

Fábio:

— *Você vai aquecer a substância até determinada temperatura, e aí uma vai entrar em ebulição antes do que a outra, e vai ser coletada em outro recipiente. Eu teria então essa substância com menor ponto de ebulição em outro recipiente, isolada da mistura inicial.*

Pesquisadora:

— Você acha que as primeiras frações do destilado irão sair purinhas?

Fábio:

— *Não. Eu posso coletar as primeiras gotas em um recipiente e depois em outro recipiente o resto. Posso determinar o ponto de ebulição para saber se ela vai tá pura ou não. Para ver se precisa de outra técnica ou não.*

Pesquisadora:

— O ponto de ebulição é um critério de pureza?

Fábio:

— *É. É uma propriedade da substância que ela tem que tá pura para ter essa propriedade.*

Enquanto na primeira etapa da investigação Fábio demonstrou que a *interação entre apenas um tipo de átomo, molécula ou par iônico* era o critério que fazia de qualquer material um exemplar do conceito de substância, no segundo momento, a partir dos problemas que direcionaram a entrevista, o estudante apresentou novas condições necessárias e suficientes estruturando novos critérios para a conceituação de substância química:

1) Pureza material. Para ele a substância é um material puro, se for “*impuro eu vou ter mais de uma substância*”;

2) Propriedades físicas. As propriedades apareceram em dois momentos, ao mencionar o ponto de fusão na identificação da acetanilida e o ponto de ebulição na identificação da

substância após a destilação. Para ele, a substância “*tem que tá pura para ter essa propriedade*” (referiu-se às propriedades físicas características).

3) Composição definida. Ao pedir que tentasse conceituar substância a partir de seu mapa, ele o fez: *É um conjunto de átomos, moléculas ou íons do mesmo tipo que interagem através de interações interpartículas. Substância apresenta apenas um tipo de átomo, molécula ou par iônico.*

Para concluir a entrevista, buscamos analisar a influência das vertentes espontânea e/ou científica do termo puro nas respostas de Fábio. Neste sentido, indagamos se os termos destacados nas três situações¹⁵ apresentadas tinham o mesmo significado.

Fábio:

— *Não. No primeiro acho que está se referindo mais a questão de microrganismos presentes na água, que no caso seria um conceito da biologia, de pureza de outra área. No terceiro seria o conceito de pureza da substância na química e o dois seria um...*

Pesquisadora:

— Considerando a composição química da joia, você consideraria que o termo puro está empregado do ponto de vista da química?

Fábio:

— *Não, eu esqueci o termo, mas tá no cotidiano das pessoas, mas não tá relacionado ao conceito químico de substância pura.*

Pesquisadora:

— Do ponto de vista da Química, o quê é substância “pura”? Já que o conceito da química é diferente do conceito cotidiano, conforme você falou, o que é esse material puro?

Fábio:

— *Formado por apenas um tipo de espécie.*

Pesquisadora:

— Então, quimicamente, quando é que eu posso considerar o ouro como uma substância?

Fábio:

— *Quando ele não tá realizando liga metálica com nenhum outro metal. Quando tem só ouro.*

Pesquisadora:

¹⁵ I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.

II. A aliança é de ouro **puro***.

III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

— E em algum desses itens o termo puro se refere à substância química?

Fábio:

— *No terceiro.*

Pesquisadora:

— Por quê?

Fábio:

— *Após a purificação de uma mistura obtemos um material **puro**.*

Ao perceber que no item III o *conceito de pureza* está relacionado à *substância na química*, notamos que o estudante identificou a situação em que o termo puro foi empregado de acordo com a vertente científica. Sua resposta demonstra que ele consegue relacionar o conceito de substância química com o critério de pureza material.

Fábio também informou que nos itens I e II o termo puro(a) não se refere à substância. Quando o estudante diz que o termo *tá no cotidiano das pessoas, mas não tá relacionado ao conceito químico de substância pura*, ele demonstra que reconhece a diferença entre o termo do cotidiano e o da ciência. Isso pode contribuir para o uso correto e consciente do termo em diferentes situações.

Ao alegar que para o ouro ser considerado uma substância deve ter *apenas ouro* em sua constituição, Fábio reforçou que no seu entendimento substância é um material *formado por apenas um tipo de espécie* química. Notamos que esta compreensão apareceu em diferentes momentos da entrevista, o que nos permite inferir que o estudante reconhece o critério de composição definida na caracterização da substância.

Analisando o processo, percebemos que no segundo momento da entrevista Fábio explicitou novas relações conceituais, o que implica a formação de um sistema conceitual de maior amplitude que o sistema representado em seu mapa. Constatamos isso ao comparar os diálogos da entrevista com as respostas ao questionário e com o mapa confeccionado. Acreditamos que os problemas utilizados possibilitaram ao estudante refletir sobre o conceito de substância e o seu sistema conceitual. Neste sentido, inferimos que a problematização é indispensável para mobilizar o pensamento do estudante e, conseqüentemente, contribuir para o seu desenvolvimento.

4.1.4 O conceito de substância segundo Sérgio

Ao indagarmos se em algum momento do curso de licenciatura em Química o estudante participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de

substância (Questão 1), Sérgio nos informou que o conceito foi trabalhado em Estágio Supervisionado IV. Para que entendêssemos a experiência vivenciada, pedimos que relatasse a abordagem realizada e perguntamos se foi discutido o significado de substância química. Em resposta ao nosso questionamento, o estudante alegou:

— *É interessante essa pergunta porque a gente discutiu muito na matéria de Estágio que esse tipo de definição de conceito é pouco trabalhada no curso da gente. A gente trabalha o conceito, mas não tentando elucidar, e chega no final, por exemplo, em Estágio III e Estágio IV, aí vem essa correria pegando determinados assuntos e tentando... A professora mesmo pegou agora substância e tentou passar algumas coisas, né? Mandou a gente definir, aí começou a corrigir uma série de coisas em relação à substância química, porque normalmente ela dizia que o estado tem que tá definido para ser uma substância. Pô, durante o curso, por que não foi dito isso? (Risos) Deixou para o final, né? Eu achava que esse tipo de trabalho investigativo em relação à definição deveria começar desde o Estágio I ou que tivesse uma matéria que já trabalhasse isso.*

Sabendo que a docente do componente mencionado pediu aos estudantes para definirem substância e fez algumas correções nas definições apresentadas, inferimos que a experiência vivenciada pelo estudante pode ter favorecido alguma reflexão e/ou aquisição sobre o conceito de substância. Por outro lado, o seu relato demonstra que há uma carência de discussões ao longo do curso que não permite aos estudantes refletirem sobre os termos conceituais de modo a assimilar os seus significados.

A partir do levantamento que fizemos com os docentes e da análise dos relatos dos estudantes, concordamos com Sérgio no sentido de que deve haver, no início do curso, disciplinas que possam fomentar discussões acerca do conceito de substância e dos demais conceitos estruturantes do pensamento químico. O estudante também salientou que estas disciplinas devem ajudá-los a “linkar” os conteúdos. Entendemos que esse link poderá ser feito ao trabalhar os conceitos de forma sistematizada. Desta maneira, os estudantes poderão estabelecer/compreender as relações conceituais e a importância de um conceito para o esclarecimento do outro, ou seja, a função do conceito na abordagem dos conteúdos. É por meio da assimilação sistemática que o docente poderá favorecer o processo de significação.

Sobre o que Sérgio entende por substância química (Questão 2), ele alegou que substância *é o conjunto de átomos que possui interação química e que está representado pelo seu estado de agregação*. A forma como o conceito foi abordado em Estágio Supervisionado IV influenciou a resposta do estudante, que utilizou como critérios de conceituação a interação química entre os átomos e o estado de agregação dos materiais. Embora tenha

explicitado um significado para substância, o estudante não utilizou nenhum dos critérios esperados: composição fixa, constância das propriedades físicas e pureza material.

Quando perguntamos qual o critério adotado pelo estudante para classificar os materiais em substância química ou mistura (Questão 3), ele mencionou a *interação entre os átomos* como o critério de classificação. Ao utilizar o mesmo critério para conceituar substância, percebemos que a interação entre as partículas apresenta-se, para Sérgio, como uma condição necessária para caracterizar o conceito de substância. O critério mencionado parece estável em seu pensamento por aparecer constantemente em suas respostas.

Para que Sérgio explicitasse a relação entre o critério apresentado e o conceito de substância, pedimos que justificasse de que modo a interação química entre as espécies constituintes dos materiais permite a diferenciação entre substância e mistura, uma vez que a mistura também apresenta interação entre as espécies químicas que a constituem.

Pesquisadora:

— De que modo, a partir do critério mencionado (interação química), você diferencia substância de mistura?

Sérgio:

— *É porque no caso da mistura a interação tá entre cada componente da mistura e não entre os dois componentes. Digamos, você colocou lá água e o óleo, você não tem interação entre a fase 1 e a 2. Né isso? A interação tá entre a fase 1 e os componentes da fase 2. Agora não entre eles.*

Devido à confusão ao se referir ao termo componente, pedimos ao estudante que esclarecesse a fala acima, ao afirmar que *no caso da mistura a interação tá entre cada componente da mistura*. O estudante salientou que há interação entre as espécies de cada substância que compõe a mistura, porém, não há interação entre as substâncias envolvidas, de modo que cada uma delas representará uma fase, como no exemplo da mistura água e óleo.

Analisando suas respostas, percebemos que Sérgio caracterizou a substância a partir da interação entre as espécies químicas (aspecto microscópico) e se baseou no aspecto macroscópico dos materiais para classificá-los em substância ou mistura. Para ele, as interações possibilitam a formação de uma classe que abarca os exemplares das substâncias. Na tentativa de compreender melhor o seu pensamento e o significado de substância, continuamos com a problematização:

Pesquisadora:

— Vamos considerar que a água e o óleo mencionados em seu exemplo são duas substâncias que compõem uma mistura. Note que você citou uma mistura composta por

substâncias imiscíveis, informado que há interação entre as espécies de cada substância, mas que não há interação entre as espécies de uma substância com as espécies da outra. E se eu colocar em um recipiente dois líquidos que se misturam, água e etanol, por exemplo, haverá interação entre as espécies que compõem a mistura?

Sérgio:

— *Veja só, nesse caso aí, você tem a questão da polaridade né? Se você tem a mesma polaridade, você consegue misturar essas duas substâncias, o que vai tá prevalecendo aí a questão da polaridade. Você tem a água polar, no caso do álcool ele tem uma parte polar também, então favorece essa diluição, essa mistura devido a essa parte, o OH no caso.*

Em seu discurso, o estudante acrescentou o conceito de polaridade para justificar a miscibilidade das substâncias, mas não conseguiu perceber que o critério de conceituação por ele apontado, a interação entre as partículas, não é suficiente para distinguir substância de mistura. Termos conceituais como polaridade, solubilidade e interação interpartículas também compõem o sistema conceitual de substância, mas as relações entre estes não foram explicitadas pelo discente. Continuamos o diálogo a fim de que Sérgio conseguisse expressar um significado para substância a partir de outro(s) critério(s):

Pesquisadora:

— Independente das substâncias serem solúveis ou insolúveis, da mistura ser homogênea ou heterogênea, você acha que é possível distinguir substância de mistura ao afirmar que apenas na substância há interação entre as espécies químicas?

Sérgio:

— *Devido a isso aí que você acabou de levantar [...] com relação à interação, então eu não teria como definir substância, seria até um equívoco.*

Pesquisadora:

— Sabendo que tanto na substância quanto na mistura você tem espécies químicas que estão interagindo, pense em outro critério que você possa utilizar para conceituar substância química.

Sérgio:

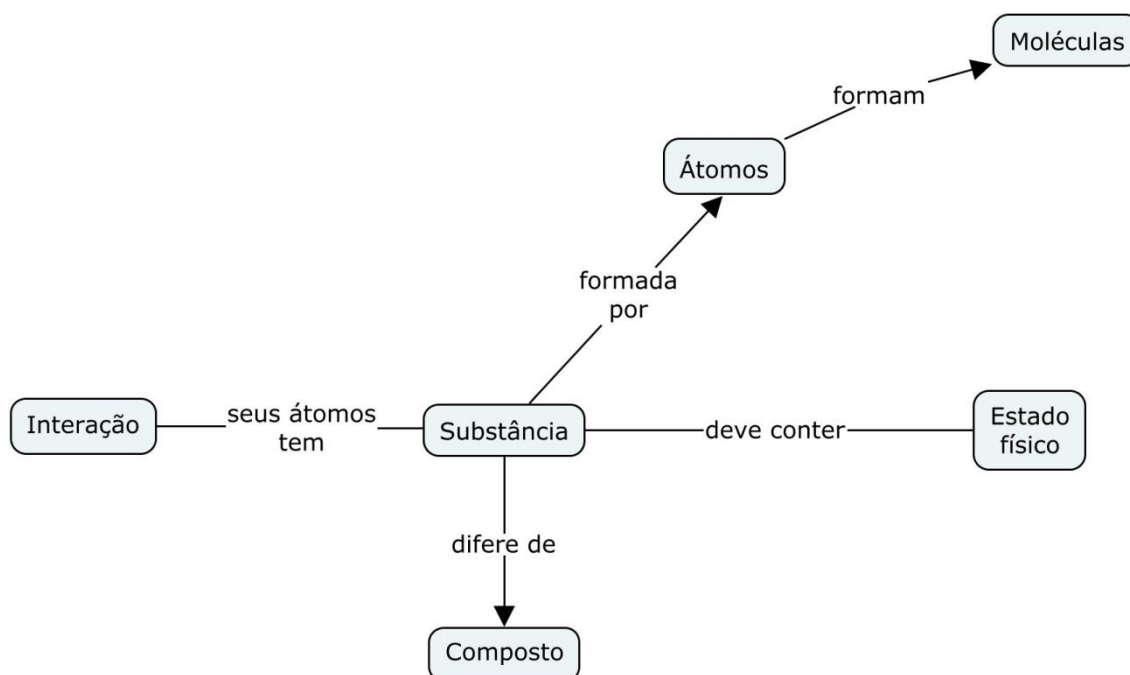
— *É, deixa eu ver. Substância é um conjunto de átomos definido pelo seu estado físico que estão ligados entre si e no caso da mistura, você teria, é... um conjunto de substâncias que estariam interagindo entre si.*

Após sucessivas tentativas para fazer com que o estudante explicitasse o significado de substância, Sérgio não mencionou nenhum dos critérios fundamentais para a conceituação deste termo: a pureza material associada à composição definida e à constância das

propriedades físicas. Ele conceituou substância de modo semelhante ao que fez anteriormente, apenas deixou de mencionar a interação entre os átomos e passou a reconhecer que há interação entre as substâncias que compõem uma mistura. Sabemos que é em virtude de um critério que as coisas pertencem ao mesmo conceito. Neste sentido, a dificuldade em explicitar o significado de substância está associada à falta de critérios de conceituação, ou seja, Sérgio não tem consciência das condições necessárias e suficientes para construir o conceito de substância.

Ao indagarmos quais conceitos o estudante considera indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância (Questão 4), mais uma vez, ele se referiu aos conceitos de *interação*, *átomos*, *moléculas*, *estado físico* e acrescentou o conceito de *mistura*. Para compreendermos como Sérgio relaciona estes termos conceituais a partir do sistema de substância, analisaremos o seu mapa conceitual.

Figura 8 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pelo estudante Sérgio



Fonte: estudante Sérgio

O mapa confeccionado por Sérgio representa um sistema conceitual de pouca amplitude, o que indica que ele não consegue estabelecer muitas relações entre substância e outros conceitos importantes para a compreensão do seu significado. Em seu mapa, identificamos os critérios utilizados para conceituar substância: interação e estado físico. Os termos conceituais substância, interação e estado físico estão posicionados no mesmo

patamar, como se apresentassem a mesma medida de generalidade. A permanência destas relações conceituais em diferentes momentos do processo indica quão estáveis e uniformes os invariantes do conceito se encontram em sua consciência. Embora átomos e moléculas apareçam no mapa como espécies formadoras da substância, a ideia de composição fixa, associada à predominância de um constituinte não apareceu em seu sistema, assim como não apareceram as relações entre substância e propriedades e substância e pureza.

Para que Sérgio ampliasse o seu sistema conceitual e refletisse sobre a função do conceito de substância, pedimos que citasse cinco conteúdos de química que necessitem deste conceito para a sua abordagem (questão 6). Ele informou que o conceito de substância é necessário para abordar os seguintes conteúdos: *ligações químicas, propriedades químicas, propriedades coligativas/físicas, mistura e compostos*.

A relação entre substância e os conteúdos químicos aponta para a amplitude do seu sistema conceitual, o que não foi observado no mapa confeccionado pelo estudante. Se ao conceituar substância, classificar os materiais em substância ou mistura e elaborar o mapa conceitual, Sérgio não relacionou o conceito com os conteúdos sinalizados, é possível que ele tenha mencionado tais conteúdos pelo fato da palavra substância aparecer em sua abordagem, mesmo que esteja dissociada de seu significado. Daí surge o problema que detectamos no contexto da pesquisa e com as dificuldades apresentadas pelos estudantes: o uso do termo conceitual se torna espontâneo sem uma preocupação com o seu significado químico. Essa espontaneidade está relacionada com a dificuldade dos estudantes em explicitarem o significado de substância e perceberem sua função na abordagem dos demais conceitos.

Após elucidar as respostas ao questionário, passamos para o segundo momento da entrevista a fim de que o estudante continuasse refletindo sobre o conceito de substância, explicitasse melhor o significado e as relações conceituais do seu sistema.

Sobre a síntese da acetanilida, o estudante mencionou que a prática foi feita em um dos componentes do curso, mas não recordava os detalhes da reação. Para que pudesse resgatar em sua memória traços da experiência, apresentamos algumas etapas da síntese e retomamos os questionamentos.

Pesquisadora:

— Sabendo que o precipitado obtido é uma mistura e que se deseja obter a acetanilida pura, de que forma essa substância pode ser obtida?

Sérgio:

— *Aí neste caso... Aí a gente está lá com ela no estado sólido não é? A gente vai ter que fazer uma recristalização.*

Pesquisadora:

— Por quê?

Sérgio:

— *Para poder tentar retirar essa impureza. Acho que a gente fez muito na química orgânica, essa questão de recrystalizar o sólido para tirar impureza.*

É possível perceber que o estudante compreende o processo de purificação como meio de se obter a substância, embora em nenhum momento até aqui tenha associado o conceito de substância à pureza material.

Pesquisadora:

— Após fazer a recrystalização sucessivas vezes, como é que possível saber que o material obtido é constituído apenas pela acetanilida?

Sérgio:

— *A gente poderia tentar uma cromatografia, talvez.*

Pesquisadora:

— É possível separar/purificar misturas utilizando a cromatografia. Mas, o que você poderia utilizar para caracterizar a substância obtida?

Sérgio:

— *Teria alguns testes de análises, tipo teste de chama, aqueles testes todos de bancada que se faz assim, sem você partir para um equipamento mais específico, mas você poderia fazer ponto de fusão, ponto de ebulição, são aquelas análises mais imediatas.*

Ao utilizar as propriedades na caracterização da substância, elas aparecem como um indício da pureza material. Entretanto, apesar do estudante se referir aos pontos de fusão e de ebulição, percebemos que nas respostas do questionário e no seu mapa conceitual as propriedades físicas não foram relacionadas ao conceito de substância. Essa relação só foi constatada na entrevista, após alguns questionamentos. Continuamos indagando sobre essa relação:

Pesquisadora:

— Você disse que utilizaria o ponto de fusão para saber se a substância obtida é a acetanilida. De que forma você relaciona as propriedades físicas com as substâncias?

Sérgio:

— *Porque cada substância... A propriedade física seria como se fosse um CPF da substância. Então, se ela tem aquela cadeia com determinados átomos, então ele tem um peso específico, ele tem ali um número de átomos que vai, na hora de você fazer uma destilação ou aquecer aquela substância, ele vai ter um determinado ponto para fundir ou entrar em*

ebulição. Seria tipo um documento da substância.

É interessante destacar que, indiretamente, o estudante se refere à composição (cadeia com determinados átomos, número de átomos específico) da substância relacionando-a às propriedades físicas características, como se fossem “*um CPF da substância*”. Após afirmar que uma substância é um material puro, pedimos que explicasse o que caracteriza a pureza de um material.

Sérgio:

— *Apenas você ter na molécula determinados átomos que caracterizam aquela substância, que dá aquelas propriedades físicas.*

Pesquisa:

— Pode dar um exemplo?

Sérgio:

— *Vamos supor, NaCl, você teria que ter ali, apenas átomos que dessem aquela característica para aquele ponto de fusão daquela substância. Teria que ter apenas substâncias, apenas átomos que caracterizassem aquela substância, mas do ponto de vista de pureza, por exemplo, no NaCl ele não está 100% puro, o sal de cozinha, por exemplo, apenas aquele NaCl PA que a gente usa no laboratório, aquele ali tem um grau de pureza, mesmo assim tem impurezas, mas tem um grau de pureza mais adequado.*

Ao considerar um reagente praticamente puro para uma análise, referindo-se ao NaCl PA, o estudante entende que a noção de pureza é algo relativo, tanto que em diversos momentos da entrevista se referiu a material puro utilizando a expressão “*puro entre aspas*”. Sabemos que, por mais que submetamos um material a sucessivos processos de purificação, não obteremos um material 100% puro. Neste sentido, a substância é uma idealização, um modelo químico, cuja pureza depende dos limites de detecção dos instrumentos utilizados. Entretanto, ao considerarmos a predominância de uma espécie constituinte, de modo que a impureza se torne desprezível, costumamos considerar a substância como material puro, cuja composição é característica/fixa e implica na constância de suas propriedades.

Sobre as formas de obtenção das substâncias, o estudante informou que na natureza os materiais normalmente se encontram misturados, sendo necessário utilizar processos químicos para separar a substância desejada. Ao pedirmos que fornecesse um exemplo de um processo utilizado para purificar um material, explicando como ocorre a purificação, Sérgio mencionou a destilação simples:

— *A gente tem lá a mistura de substâncias e a gente quer separar aquela substância e aí entra a propriedade física, tem a questão do ponto de ebulição. Então a gente vai procurar*

a substância que tem ponto de ebulição mais baixo e vai ser aquela que vai entrar em ebulição, vai sair da fase líquida, se for o caso, se forem dois líquidos, passar para fase vapor. Se o ponto de ebulição desta substância é menor que a outra, ela vai entrar em ebulição primeiro [...] Pureza tem a questão da destilação fracionada, naquelas frações você consegue... Quanto mais torres, recheios você tiver na torre, você vai ter pequenas destilações acontecendo, se repetindo e mais pureza você vai obter naquele destilado.

Na explicação dada pelo estudante a separação da mistura aparece como uma forma de obter a substância isolada, ou seja, um meio de purificar o material. A quantidade de etapas de separação, destilações, neste caso, se relacionada aos diferentes graus de pureza dos materiais obtidos. Comparando as respostas ao questionário e às questões da entrevista, percebemos uma mudança na forma como o estudante contemplou o conceito de substância e estabeleceu as relações conceituais. Inicialmente, o critério utilizado foi a interação entre as espécies, posteriormente, a atenção voltou-se para a purificação dos materiais. Acreditamos que as questões podem ter induzido parte da reflexão que conduziram os diálogos.

Para concluir a entrevista, pedimos que o estudante analisasse três situações¹⁶ nas quais foram empregadas o termo puro(a) e identificasse em qual(is) dela(s) o termo se referia à substância química. Nos itens I e II, o termo puro está associado à concepção espontânea de pureza material. Apenas no item III, utilizamos a linguagem química para que o estudante buscasse associar material puro ao conceito de substância.

Em suas respostas, Sérgio informou que apenas na última situação o termo puro se refere à substância, uma vez que no primeiro caso, não se tem água pura, mas uma mistura de substâncias. Ao conhecer a composição química do ouro, também afirmou que na segunda situação o termo puro não representa uma substância e sim uma mistura. Neste sentido, o estudante salientou que os termos empregados apresentam significados diferentes:

— No caso da aliança o ouro é chamado de puro, mas você não tem só ouro ali, você tem uma liga.

Pesquisadora:

— E para você, o que significa ouro puro?

Sérgio:

— Apenas o Au, só o ouro mesmo. Só átomos de ouro.

Ao questionar o critério de conceituação de substância inicialmente apresentado por

¹⁶ I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.

II. A aliança é de ouro **puro***.

III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

Sérgio (*a interação entre os átomos*), ele tentou relacionar a composição com as propriedades da substância (*A propriedade física seria como se fosse um CPF da substância. Então, se ela tem aquela cadeia com determinados átomos [...] na hora de você fazer uma destilação ou aquecer aquela substância, ele vai ter um determinado ponto para fundir ou entrar em ebulição. Seria tipo um documento da substância*). Analisando a sua trajetória, notamos que ao final do processo, ao se referir ao ouro puro como material constituído por apenas átomos de ouro, o estudante conseguiu explicitar o critério de composição fixa associado à pureza do material. Neste sentido, ainda que de forma tímida, os três pilares necessários para compreender o conceito de substância apareceram em suas respostas: a ideia de pureza, as propriedades físicas e a composição. Entretanto, por não aparecerem desde o início e em diferentes momentos da investigação, inferimos que não são critérios estáveis no pensamento do estudante, mas, a partir da sistematização destes termos conceituais, Sérgio poderá construir o significado de substância de acordo com o conhecimento científico.

4.1.5 O conceito de substância segundo Bruna

Ao indagarmos se em algum momento do curso de licenciatura em Química a estudante participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância (Questão 1), Bruna afirmou que foram abordados no período de aulas simuladas sobre ligações químicas, em Estágio Supervisionado IV, os conceitos de substância, composto, molécula e par iônico. De acordo com a estudante, para fomentar as discussões, os discentes recorreram aos livros didáticos do ensino superior e ao livro da IUPAC.

Bruna informou que antes das discussões na disciplina, para ela, substância e composto eram conceitos diferentes: *a) Substância era formada por moléculas, átomos ou íons; b) Composto era a “unidade fundamental” da substância composta. Por Exemplo, para a substância $H_2O_{(l)}$, tem-se o composto H_2O . Para a substância $NaCl_{(s)}$, tem-se composto $NaCl$* . Após as discussões, a estudante concluiu que os termos conceituais composto e substância composta apresentam o mesmo significado.

Ao percebermos que a partir da experiência no componente mencionado a estudante enfatizou a comparação entre substância composta e composto, perguntamos se em algum momento foi discutido o conceito/significado de substância química. Bruna salientou que durante a abordagem dos conceitos não foi contemplada a conceituação de substância, ou seja, não houve uma discussão acerca do seu significado:

— *Tanto é que para mim foi super difícil conceituar, porque eu nunca tinha parado para pensar.*

Mais uma vez, constatamos que a falta de conceituação ao longo do curso de licenciatura tem dificultado a assimilação do conceito por parte dos estudantes.

Sabendo que o pensamento e a linguagem são funções do psiquismo que se encontram intrinsecamente conectadas pela construção dos significados das palavras (VIGOTSKI, 2009), quando a estudante afirma que nunca parou para pensar sobre o conceito, inferimos que a ausência de reflexão não lhe permitiu compreender o seu significado e, neste sentido, será difícil expressá-lo por meio da linguagem. A partir dos relatos analisados, constatamos que a falta de reflexão (mobilização do pensamento) e da conceituação ao longo do curso contribuiu para a dificuldade apresentada pelos discentes na explicitação do significado de substância.

Sobre o que a estudante entende por substância química (Questão 2), ela informou que *substância é algo formado por moléculas, pares iônicos ou átomos (no caso de gases nobres), interagindo, e que apresenta propriedades físicas como pontos de fusão, de ebulição, densidade, etc.*

Na resposta acima percebemos que a estudante conseguiu explicitar um significado para substância, apesar de expressar, em diversos momentos, quão difícil é o processo de conceituação. O significado apresentado por ela fundamenta-se na composição da substância e nas propriedades físicas, embora não explicita a noção de composição definida nem a constância das propriedades. Ao longo da entrevista, buscamos entender como são estabelecidas as relações entre o conceito e os critérios apresentados.

Pesquisadora:

— O que é que você quis dizer quando afirmou que a substância apresenta essas propriedades? Ela apresenta propriedades variáveis ou propriedades definidas/ características?

Bruna:

— *Eu não pensei nisso, eu pensei que ela apresenta propriedades físicas para diferenciar da molécula ou do átomo. A molécula não tem ponto de fusão nem ponto de ebulição, nem volatilidade. Um átomo não tem essas propriedades, então, foi no sentido de diferenciar as unidades básicas da substância da própria substância.*

Durante o diálogo, Bruna afirmou que as substâncias apresentam propriedades físicas características, mas, a princípio, se referiu às propriedades para diferenciar a substância de seus constituintes. Notamos que a ênfase na distinção entre substância e as espécies químicas que a constituem é consequência da abordagem mencionada pela estudante em Estágio IV.

Para classificar os materiais em substância química ou mistura (Questão 3), a

estudante informou que utiliza como critério de classificação *a natureza das moléculas, pares iônicos ou átomos que compõem aquele sistema. Se forem idênticos, é substância, se não forem idênticos, é mistura*. Desta vez, foi possível perceber que a ideia de composição definida, associada ao conceito de substância, apareceu em sua resposta. Para que a estudante explicitasse melhor a relação entre substância e composição, pedimos que explicasse o termo “idênticos” através de um exemplo que diferenciasse substância de mistura.

Bruna:

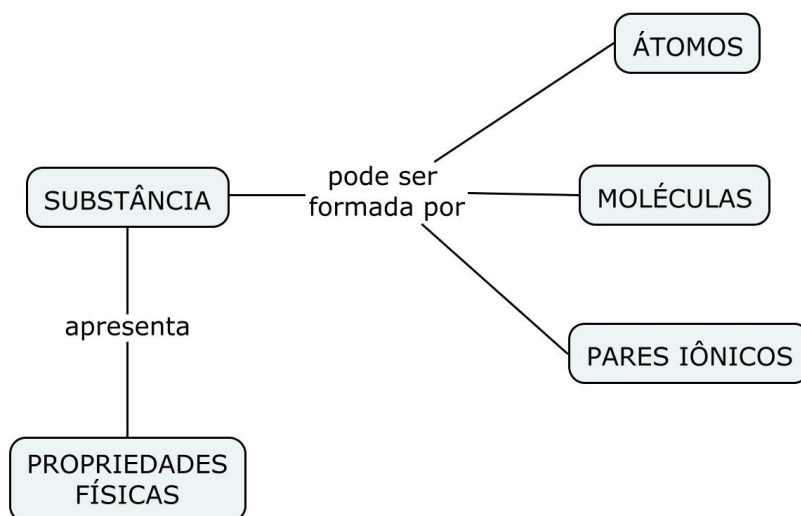
— *Eu quis dizer é... Esse negócio de ser idêntico é assim, se tiver a mesma fórmula, se todas as unidades que estão constituindo aquela substância forem idênticas, ou seja, tiverem a mesma fórmula, tipo H_2O , se tiver só H_2O , H_2O , H_2O , H_2O , então todas são idênticas e aquelas espécies estão formando uma substância. Se tiver algum diferente, tipo H_2O e CH_4 , aí é uma mistura.*

De acordo com o exemplo acima, ao dizer o que é uma substância e o que é uma mistura, a estudante consegue formar classes/categorias que possibilitam inserir exemplares dos materiais nos conceitos de substância e de mistura. Para Bruna, a composição definida é uma condição necessária para um material ser considerado uma substância, ou seja, a presença de espécies químicas idênticas é o que caracteriza a substância química (critério de conceituação).

Para compreender o sistema de substância apresentado pela estudante, pedimos que informasse quais conceitos ela considera indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância (Questão 4). Bruna mencionou os seguintes termos conceituais: *átomo, molécula, par iônico, elemento químico e interação*. Além dos conceitos apresentados, nas respostas anteriores a estudante relacionou substância com as propriedades físicas e com a composição definida. Neste sentido, entendemos que os termos propriedades e composição também deverão compor o seu sistema conceitual.

A fim de entender como a estudante relaciona os conceitos apresentados, analisaremos o seu mapa conceitual.

Figura 9 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Bruna



Fonte: estudante Bruna

O mapa conceitual apresentado por Bruna é um sistema que representa poucas relações conceituais, ou seja, baixa amplitude conceitual. Entre os termos destacados na questão 4, identificamos no mapa os conceitos átomos, moléculas e pares iônicos, o que era de se esperar devido à conceituação apresentada pela estudante (substância é *algo formado por moléculas, pares iônicos ou átomos, interagindo, e que apresenta propriedades físicas como pontos de fusão, de ebulição, densidade, etc.*) A repetição destes termos pode estar associada à estabilidade e uniformidade do critério de composição em seu pensamento, embora o termo conceitual composição não apareça em suas respostas de forma explícita. Associamos a concepção de composição constante à presença de espécies química idênticas. O uso correto e justificado destes termos em diferentes situações aponta para a tomada de consciência em relação aos mesmos.

Ao perceber que nem todos os conceitos mencionados pela estudante apareceram em seu mapa, inferimos que isso pode ter acontecido devido à dificuldade em sistematizá-los, o que é imprescindível para a formação do conceito de substância. É por meio de um sistema de conceitos que expressamos o significado de uma palavra. Neste sentido, a pouca amplitude do mapa de Bruna não nos permite compreender o significado de substância química.

Na tentativa de que a estudante ampliasse o seu sistema conceitual e explicitasse a função do conceito de substância, pedimos que citasse cinco conteúdos de química que necessitem deste conceito para a sua abordagem, explicando a necessidade do conceito em cada caso (Questão 6).

Durante a realização do questionário, Bruna afirmou que *a gente usa substância, mas não para pra pensar no conceito de substância*. Em outras palavras, o uso do termo conceitual é corriqueiro, ocorre de forma espontânea e pouco se reflete acerca do seu significado. Esse é um dos motivos pelos quais as questões que demandaram mais tempo e esforço dos estudantes para respondê-las foram a questão 2 (O que você entende por substância química?) e a sexta questão.

Depois de um tempo refletindo sobre o uso/função do conceito de substância, ela destacou sua importância na abordagem dos seguintes conteúdos: Métodos de separação de misturas; Interações interpartículas; Soluções; Tipos de substância (simples e composta); Reações químicas. Ao tentar justificar a importância do conceito de substância para a compreensão dos conteúdos mencionados, a estudante fez o contrário, justificou a importância dos conteúdos para a compreensão de substância. Apenas ao se referir aos tipos de substância (simples e composta) é que ela informou que é necessário compreender o conceito de substância para depois classificá-la. Sendo assim, apesar de mencionar os conteúdos acima, não estávamos convencidos de que, para a estudante, o conceito de substância era indispensável para a abordagem dos conteúdos mencionados. Desta forma, buscamos compreender a função do conceito por meio dos diálogos.

Pesquisadora:

— Você acha que é possível aprender os conteúdos mencionados (Métodos de separação de misturas, Interações interpartículas, Soluções, Tipos de substância, Reações químicas), sem compreender o conceito de substância química?

Bruna:

— *Sim, porque... Oh, é meio abstrato isso, quer dizer, eu respondi muito rápido, sem pensar. Deixa eu pensar aqui um minuto.*

Sim, porque, assim como eu sabia o que era substância sem ter a definição na cabeça, os estudantes podem entender o conceito de substância sem ter a definição. Sabe? Não é recomendável, só que eles podem saber que aquilo é uma substância, mas sem ter a definição. Sabe quando você sabe uma coisa, mas você não sabe dizer o que é?

É comum ouvir dos estudantes as expressões: eu sei, mas não sei explicar; eu sei, mas não sei dizer o que é. Para nós, saber/ter consciência de um conceito significa saber empregar adequadamente o termo conceitual e justificar sua aplicação na situação considerada. O emprego consciente e sua justificativa necessitam do conhecimento do significado do termo utilizado e de suas relações conceituais. É a partir da assimilação do conceito e sua sistematização que os estudantes conseguirão utilizá-lo conscientemente. No caso de Bruna,

ela conseguiu explicitar o conceito de substância a partir dos critérios composição e propriedades físicas, empregando os termos corretamente, mas teve dificuldade em sistematizá-los.

O reconhecimento de um exemplar necessita de alguma relação com o conceito, ainda que seja de modo espontâneo. No caso de uma substância simples ou composta, o reconhecimento é possível por meio de sua representação, sua fórmula química, por exemplo. É neste sentido que a estudante afirmou que é possível *saber que aquilo é uma substância, sem ter a definição* de substância, ou seja, para Bruna, é possível contemplar conteúdos relacionados ao conceito sem saber o seu significado. Aproveitamos o exemplo para continuar os questionamentos.

Pesquisadora:

— Na disciplina de Estágio IV, vocês discutiram a classificação das substâncias, mas não discutiram o conceito de substância. Independente de ser simples ou composta, tem um conceito associado aos conceitos de substância simples e substância composta, que é o significado de substância química. É necessário compreender o que é uma substância química para depois classificá-la. Às vezes, a classificação é tão “batida”, o aluno olha para a fórmula química, identifica símbolos de átomos iguais ou diferentes e classifica facilmente a substância, mas quando questionamos sobre o que de fato é a substância, aí aparece a dificuldade em conceituar o termo. O que seria essa substância?

Bruna:

— *Olha pró, calma, acho que vou mudar o que eu falei. Para eles saberem que aquilo é uma substância, eles têm que ter visto o conceito de substância em algum momento da vida deles, só que, eu não estou falando que para aprender esse conteúdo nesta aula eu tenho que definir substância. Entendeu? Mas eles têm que saber o que é substância.*

Decidimos passar para o segundo momento da entrevista a fim de verificar como a estudante relaciona o conceito de substância com o critério de pureza, considerando que até o momento ela não se referiu à substância como um material puro, nem relacionou os critérios utilizados (composição e propriedades físicas) com a purificação dos materiais.

Apresentamos a síntese da acetanilida, as etapas envolvidas no processo e iniciamos os questionamentos.

Pesquisadora:

— Sabendo que o precipitado formado é constituído pela acetanilida e impurezas, e que se deseja obter a acetanilida pura, de que forma esta substância poderá ser obtida isoladamente? Explique.

Bruna:

— *As impurezas estão no cristal né? Eu vou ter que solubilizar a acetanilida de novo e fazer algum processo de separação da impureza. Não sei quais são as impurezas. Ai depois recrystalizar e esperar que dessa vez esteja com menos impureza.*

Em sua resposta, a recrystalização aparece como um processo de separação/purificação do material. Entretanto, Bruna não se refere a material puro, ela salienta que após a recrystalização espera-se que a acetanilida esteja com menos impureza. Para ela, após a purificação do material iremos obtê-lo com um grau de pureza mais elevado, mas não 100% puro. Essa percepção corrobora o entendimento de substância como um modelo químico dos materiais.

Pesquisadora:

— Após sucessivas recrystalizações, acredita-se que se obteve a acetanilida. Como é possível saber que o material obtido é a substância desejada, a acetanilida pura?

Bruna:

— *Você pode verificar o ponto de fusão e fazer outros testes que agora não tenho em mente. Você pode usar o ponto de fusão, mas também têm outras coisas mais sofisticadas, você pode fazer um espectro daquela substância, enfim.*

Pesquisadora:

— Note que o objetivo desta prática não é identificar a substância. Conhecendo a síntese, sabemos qual é a substância que se deseja obter. A questão é ter algum indício de que o material está puro, ou seja, que se trata da substância desejada. Em sua opinião, substância é um material puro ou impuro?

Bruna:

— *Puro.*

Pesquisadora:

— O que é que indica a pureza de um material?

Bruna:

— *A ausência de... Como é o nome daquela palavra que falamos antes? O que é que indica a pureza de um material? A presença de apenas um tipo de unidade formadora. No caso da acetanilida, só moléculas de acetanilida.*

Apesar de não ter utilizado o critério de pureza na conceituação de substância química, com a resposta acima percebemos que a estudante consegue relacionar a composição definida com a pureza material. Material puro, para Bruna, significa aquele que apresenta *apenas um tipo de unidade formadora*, ou seja, é caracterizado pela presença de *espécies químicas*

idênticas, conforme mencionou anteriormente. Isso nos permite perceber que à medida que avançamos com as questões, a estudante ampliou o seu sistema conceitual de substância por meio de novas relações conceituais. A amplitude do sistema foi marcada pela reflexão e articulação entre os termos apresentados.

Para que a estudante explicitasse a relação entre substância, pureza e purificação, pedimos que descrevesse o processo de obtenção das substâncias, ou seja, explicasse de que forma é possível se obtê-las.

Bruna:

— *Você precisa ter a matéria prima, que na verdade é uma mistura que contém aquela substância que você quer. Você tem um material que é formado por espécies diferentes e aí você quer uma substância que é formada por espécies que estão naquele material, aí você faz uma separação e você tem a substância.*

Seja por um processo de síntese ou extração, é preciso purificar os componentes de uma mistura para obter a substância isoladamente. Apesar de mencionar que a substância é obtida ao separar os componentes da mistura, a fim de obter um material formado por espécies idênticas, a estudante não associou os métodos de separação com a purificação do material que se deseja obter, a substância. Percebemos que o critério de pureza aparece pouco em seu sistema de conceitos. Neste sentido, continuamos a entrevista com algumas questões que necessitam da relação entre substância e pureza em suas respostas.

Pesquisadora:

— Se você tivesse uma solução, uma mistura composta por duas substâncias no estado líquido, que processo de purificação você utilizaria para separar os componentes dessa mistura?

Bruna:

— *Ahhhh rapaz, destilação (risos).*

Pesquisadora:

— E como você explica o processo de purificação a partir da destilação?

Bruna:

— *Assim pró, na destilação você tem líquidos com pontos de ebulição diferentes e aí o que tiver menor ponto de ebulição vai vaporizar antes, vai condensar antes, e aí você vai poder coletar ele em outro recipiente.*

A estudante mencionou a destilação como um método de separação das substâncias e neste processo, ao informar que os líquidos têm pontos de ebulição diferentes, a propriedade física aparece como uma característica da substância.

Entre os critérios esperados para a conceituação de substância, Bruna mencionou com mais frequência em suas respostas a composição definida, ao salientar a necessidade do material puro apresentar espécies químicas idênticas, o que indica que o critério de composição apresenta mais estabilidade em seu pensamento. A propriedade física também apareceu em diversos momentos do percurso, inclusive no seu mapa conceitual, enquanto o critério de pureza só apareceu quando indagamos o que é que indica a pureza de um material. Apesar de não relacionar diretamente estes três critérios, o reconhecimento deles é um ponto de partida fundamental para que a estudante construa o conceito de substância a partir de sua sistematização e consiga explicitá-lo.

Para concluir a entrevista, apresentamos três situações¹⁷ nas quais o termo puro(a) foi empregado a fim de analisar se a estudante compreende a substância como um material que passou por um processo de purificação e consegue distinguir as vertentes espontânea e científica quanto à pureza material. Após ler os itens que representavam as situações, Bruna afirmou que:

— *Tem diferença. No primeiro, o caso da água, tá falando pura no sentido de estar potável. Assim como no caso 2, não é uma substância. É um material. Eu não sei porque costumam dizer que a joia é de ouro puro, porque eles sabem que não tem só ouro ali. Não é puro no sentido químico. No 3 está usando puro no sentido químico, de ter apenas um constituinte.*

Pesquisadora:

— Em algum desses itens o termo puro se refere à substância química?

Bruna:

— O 3.

Pesquisadora:

— Por quê?

Bruna:

— *Porque tá falando que antes era uma mistura e aí houve uma decomposição, então obtiveram uma substância, o material puro.*

Ao analisar as respostas da estudante, percebemos que ela diferencia os aspectos espontâneo e científico do termo puro, o que lhe permitira usá-lo de forma correta e consciente. Para Bruna, a substância química é entendida como um material puro, obtido pela

¹⁷ I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.

II. A aliança é de ouro **puro***.

III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

separação/decomposição da mistura. Com os problemas apresentados no segundo momento da entrevista, ela passou a explicitar a relação entre substância e as propriedades físicas e, de forma ainda tímida, entre substância e pureza material. Outra questão importante é que, nem todas as relações mencionadas foram contempladas nas respostas do questionário e em seu mapa. Neste caso, acreditamos que a problematização favoreceu a reflexão e sistematização entre os termos abordados.

4.1.6 O conceito de substância segundo Jane

Ao indagarmos se em algum momento do curso de licenciatura em Química a estudante participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância (Questão 1), Jane informou que o conceito foi discutido no componente Estágio Supervisionado IV, devido à necessidade dos estudantes ministrarem um conteúdo (ligação química) que precisava do entendimento do conceito de substância. Ela salientou que foram discutidos os conceitos de substância simples, substância composta e composto químico. Sobre o significado de substância química, apenas questionaram a redundância da expressão substância pura, porque substância, segundo ela, *já se trata de algo puro*. A estudante também participou de um minicurso na Semana de Química da UNEB cuja abordagem enfatizou a discussão acerca do conceito de substância.

Ao mencionar a redundância da expressão *substância pura*, alegando que o termo substância se refere a algo puro, iniciamos a entrevista pedindo que a estudante explicitasse a relação entre substância e pureza. Jane respondeu:

— *Com relação à substância eu sei que se tiver mais de uma no meio não se trata de uma substância, se trata de uma mistura. Então eu acredito que se eu estou tratando de uma substância vai ter só aquele material ali. Então a pureza que eu estou entendendo é que se trata de algo que só tem aquele material ali. É contido, é proveniente de apenas uma substância. O material puro é aquele que só tem ele ali.*

Ao expressar a relação entre substância e pureza, Jane afirmou que algo está puro quando é contido por apenas uma substância. A expressão “*só tem ele ali*” informa que o material puro é constituído dele mesmo, tanto que, quando se tem mais de uma substância no meio, o material se trata de uma mistura. Neste caso, a pureza aparece como um critério de classificação dos materiais, estando de acordo com o nosso referencial.

Sobre o que a estudante entende por substância química (Questão 2), ela afirmou que *substância se refere à pureza. Algo que não está misturado a outros materiais, ou seja, não é*

uma mistura. Ao dizer o que é ou o que não é uma substância, a estudante começa a criar classes para os conceitos de substância e de mistura, nas quais é possível inserir os materiais de acordo com o critério de pureza. Entretanto, quando ela diz *substância se refere* ou *substância não é uma mistura*, ela estabelece relações conceituais, mas não conceitua explicitamente substância química. Neste sentido, pedimos que refletisse sobre as relações conceituais apresentadas e explicitasse o conceito/significado de substância.

Jane:

— *Agora vai ter que parar um pouquinho. Ai meu Pai. Conceituar não é fácil para ninguém, é muito difícil conceituar qualquer coisa.*

Reconhecendo a complexidade do processo de formação de conceitos, que envolve altos níveis de abstração e síntese, buscamos, por meio da problematização, fazer com que a estudante refletisse, sistematizasse os termos conceituais e, a partir da linguagem, expressasse o seu pensamento. Jane continuou:

— *Substância é todo material que contém apenas um... A palavra foge. Peraí! Tá, substância é tudo que, eu sei que o tudo talvez fique ruim, mas, é tudo que é composto por apenas um material e que possui pureza.*

Na conceituação de Jane, conforme destacamos acima, além do critério de pureza material ela utiliza o critério de composição definida ao se referir a *material que contém apenas um...* ou a *tudo que é composto por apenas um material*. Embora apresente dificuldade em se referir às espécies constituintes da substância, contemplando a ideia de composição constante, para ela, o material puro é constituído dele mesmo, é a própria substância.

Após conceituar substância química, mais uma vez, Jane enfatizou o critério adotado para classificar os materiais em substância química ou mistura (Questão 3):

— *É analisando se o material em questão está “sozinho”, ou seja, se só existe ele no meio ou se há a presença de outros materiais. Havendo outros, é um indicativo de que se trata de uma mistura, não havendo, se trata de uma substância.*

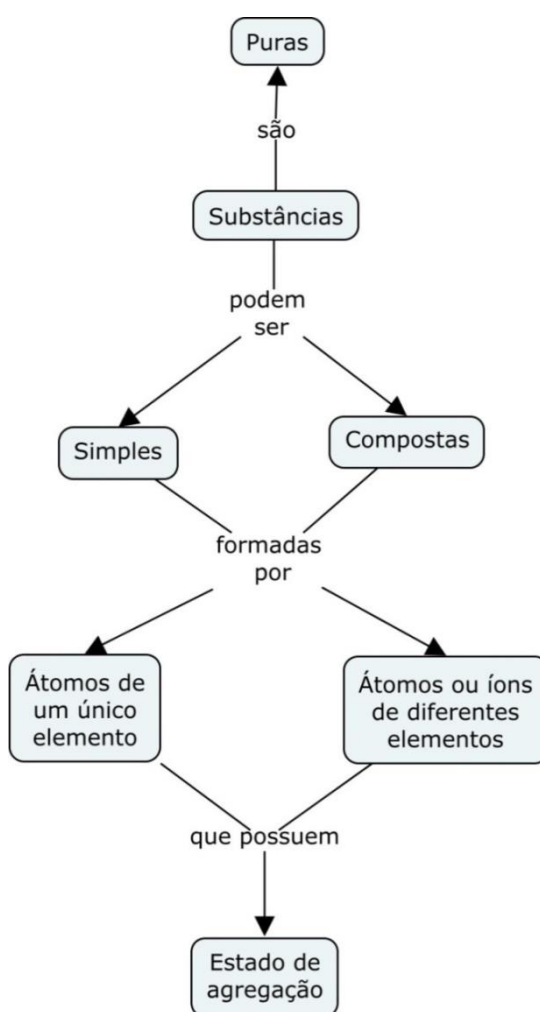
A expressão “*material sozinho*” está relacionada à pureza química, uma vez que, inicialmente, Jane informou que substância se refere a *algo que não está misturado* e à *pureza*. Percebemos que o critério de pureza apareceu em diversas respostas e falas da estudante, o que reflete estabilidade e alguma consciência quanto ao uso do termo. Para ela, estar sozinho — o que para nós significa estar puro — é uma condição necessária para um exemplar se encaixar no conceito de substância química.

Apesar de conseguir relacionar o conceito de substância com a pureza material, talvez seja mais fácil para Jane se referir a *material sozinho/só* do que ao material puro pelo fato do

primeiro termo ser mais familiar, ou seja, proveniente de experiências do dia a dia.

Sobre os conceitos indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância (Questão 4), Jane mencionou os seguintes termos: *substância, puras, moléculas, átomos, íons, simples, compostos, estado de agregação*. Analisando a sua resposta, verificamos que novos termos foram citados refletindo uma maior amplitude do sistema de substância. Para compreender como os termos mencionados se relacionam ao conceito em estudo, analisaremos o mapa conceitual confeccionado pela estudante.

Figura 10 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Jane



Fonte: estudante Jane

No mapa acima, a estudante relacionou o conceito de substância(s) com o termo pura(s), demonstrando que o critério utilizado para conceituar e classificar os materiais (a pureza material) também é contemplado no seu sistema conceitual. O emprego da pureza material em diferentes momentos aponta para a estabilidade do critério utilizado e o uso

consciente. A ideia de material puro como algo que contém a si mesmo não apareceu no mapa, de modo que a composição definida não foi explicitada. Ao associar os termos simples e compostas às substâncias, a estudante abordou a sua classificação. Vale ressaltar que em Estágio Supervisionado IV, ao abordarem o conceito de substância química, enfatizou-se a classificação das substâncias e a importância do estado físico em sua representação, o que pode ter refletido na sistematização de Jane.

Notamos que até o momento a estudante não se referiu às propriedades físicas e sua relação com a pureza material. Analisaremos essa relação mais adiante.

Para que Jane ampliasse o seu sistema conceitual e refletisse sobre a função do conceito de substância, pedimos que citasse cinco conteúdos de química que necessitem deste conceito para a sua abordagem (questão 6). Inicialmente, ela respondeu que não estava conseguindo se lembrar. Como lembrar para o adolescente significa pensar (VIGOTSKI, 2009), entendemos que naquele momento ela não conseguia refletir sobre a função do conceito na abordagem dos conteúdos químicos, o que pode estar relacionado com a pouca amplitude do seu sistema conceitual.

Na entrevista, ela chegou a mencionar a necessidade de se abordar o *estado físico*, pois, se colocar, por exemplo, apenas o H_2O , não irá se tratar de uma substância e sim de uma molécula. Analisando a relação que ela apresenta entre substância e estado físico da matéria, percebemos que além de mencionar apenas um conteúdo, a estudante não se atentou ao que fora pedido (citar conteúdos de química que necessitem do conceito de substância para a sua abordagem), ou seja, o conceito de substância “não é” necessário para abordar o estado físico, ao contrário, o estado físico da matéria que é importante na representação de uma substância.

Após a estudante esclarecer algumas respostas ao questionário, passamos para o segundo momento da entrevista. Apresentamos a síntese da acetanilida para dar continuidade à investigação sobre o significado de substância possuído por Jane.

Ao mencionar que se lembrava da prática/síntese da acetanilida realizada em um dos componentes do curso, iniciamos os questionamentos a partir de novos problemas.

Pesquisadora:

— Conforme você acabou de mencionar, na prática realizada, vocês obtiveram a acetanilida com bastantes impurezas. Sabendo que através desta síntese se deseja obter a acetanilida pura, de que forma esta substância poderá ser obtida?

Jane:

— *Então tem que ser sem impureza. Meu Deus! Tem como ela ser obtida pura?*

Pesquisadora:

— Note que você obteve um sólido e que nesta fase você tem a acetanilida com impurezas. De que forma é possível purificar esse material? Aumentar o grau de pureza da acetanilida?

Jane:

— *Estou tentando pensar em uma forma para separar [...] só se eu fizesse várias lavagens, porque a gente fez várias lavagens.*

Pesquisadora:

— E essas lavagens sucessivas que você mencionou caracteriza algum processo conhecido que você fez na prática? Como se chama esse processo?

Jane:

— *Não sei, calma. (risos)*

Apesar de utilizar o critério de pureza na conceituação de substância e para diferenciar substância de mistura, neste momento, quando a questionamos sobre a obtenção da substância, a estudante não conseguiu relacionar a obtenção a um processo de purificação e teve dificuldade em mencionar a (re)cristalização como uma forma de purificar a acetanilida. Entretanto, ao dizer *estou tentando pensar em uma forma para separar*, a estudante demonstra que é necessário separar os materiais para obter a substância desejada, o material puro, ao qual se referiu anteriormente como *material sozinho*. Talvez tenha sido mais fácil pensar em método de separação que na purificação material pelo fato da primeira expressão ser mais comum.

Após alguns minutos tentando pensar sobre a prática realizada no curso, Jane informou que foram feitas algumas recristalizações e mesmo assim não conseguiram obter o material sem impurezas. Talvez pelo fato de não terem êxito na obtenção da substância desejada, ela não conseguiu assimilar o processo de separação com a purificação do material, ou seja, a obtenção da acetanilida. Prosseguimos com as questões:

— Suponhamos que foi possível obter a acetanilida após as sucessivas recristalizações. Então, como é possível saber que o material obtido é a substância desejada, a acetanilida pura?

Jane:

— *Ponto de fusão.*

Pesquisadora:

— Por que ponto de fusão?

Jane:

— *Porque é um sólido.*

Pesquisadora:

— Qual a importância da propriedade física na caracterização da substância?

Jane:

— *Na verdade as substâncias têm várias propriedades, entre elas, o ponto de fusão.*

Pesquisadora:

— E as substâncias apresentam propriedades definidas ou propriedades que variam?

Jane:

— *Olhe só, você está falando da mesma substância ou substâncias no geral?*

Pesquisadora:

— Considerando a mesma substância, as propriedades físicas são definidas/características ou elas podem variar para uma mesma substância?

Jane:

— *Aí uma pergunta que é boa.*

Sobre os critérios utilizados pela estudante, percebemos que em nenhum momento ela se referiu à constância das propriedades físicas como indício da pureza material, nem a relacionou com a composição definida. Mesmo informando que utilizaria o ponto de fusão na caracterização da acetanilida, a relação entre substância química, pureza e propriedades físicas não parece bem sistematizada/assimilada pela estudante. Continuamos a entrevista na tentativa de que ela explicitasse essa relação.

Pesquisadora:

— Se você disse que identificaria a acetanilida pelo ponto de fusão, isso é possível porque ela tem uma temperatura de fusão característica.

Jane:

— *Sim.*

Pesquisadora:

— Então, as propriedades variam ou não variam para uma mesma substância?

Jane:

— *Não, é porque na minha cabeça estava assim, por exemplo, eu tava pensando aqui, ligações covalentes, por exemplo, aí tem substâncias que possuem ponto de ebulição mais alto, mais baixo... eu tava pensando no geral. Mas o específico, por exemplo, a água, a água pura é uma substância, então o ponto de ebulição dela é x. Então, não muda.*

Em sua resposta, ao mencionar que as substâncias possuem pontos de ebulição alto ou baixo a depender da ligação química, Jane se referiu a substâncias diferentes e neste caso,

para ela, as propriedades físicas são variáveis. Ao se referir à água pura, ela informou que a substância tem o ponto de ebulição constante. Sendo assim, apesar de não ter relacionado anteriormente o conceito de substância com a constância das propriedades físicas, a estudante reconhece que as substâncias têm propriedades características.

Ao afirmar que a *água pura é uma substância*, pedimos que explicasse o que significa material puro do ponto de vista da Química.

Segundo Jane:

— *Material puro é aquele que é composto por apenas um componente e que possui propriedades fixas.*

Neste momento da entrevista, percebemos que a estudante começou a sistematizar os três critérios fundamentais para a conceituação de substância química: a pureza, a composição definida e a constância das propriedades. Para que pudesse explicitar melhor estas relações conceituais, pedimos que explicasse de que forma as substâncias podem ser obtidas, dando exemplo de um processo utilizado para a obtenção.

Jane:

— *Eu obtenho uma substância através da mistura, da reação com outras substâncias. Se eu quero formar uma substância X, eu tenho que ter uma... Deixa eu explicar porque eu estou confusa na minha palavra. Não, é isso mesmo, é porque em Estágio a gente discutiu muito isso, por exemplo, eu quero formar o cloreto de sódio, aí a gente tem que formar a partir das substâncias. Só que a gente discutia muito par iônico, essas coisas, ficava na dúvida, entendeu?*

Inicialmente, a estudante apresentou dificuldade para exemplificar um processo de obtenção/purificação de uma substância. Após fazermos novas perguntas, ela citou a destilação fracionada e informou que por meio deste método as substâncias podem ser obtidas em momentos diferentes devido à diferença do ponto de ebulição. Ao perguntar o que pode ser feito para aumentar o grau de pureza do material coletado, a estudante disse que seria preciso fazer a destilação novamente. Isso demonstra que ela percebe que após sucessivas separações é possível obter o material purificado, aquele que estará “sozinho”. Sobre a caracterização do material obtido, ela informou que pode se utilizar o ponto de ebulição, semelhante ao que foi feito na identificação da acetanilida ao se utilizar uma propriedade física, o ponto de fusão.

O método de separação citado pela estudante se relaciona a um processo de purificação ao possibilitar a obtenção de uma substância isolada. Neste processo, a propriedade física aparece como um indício de pureza. O exemplo mostra que a constância

das propriedades físicas faz parte do sistema conceitual construído pela estudante, apesar desta sistematização, ou seja, das relações entre substância, pureza e constância das propriedades físicas não terem sido exploradas no mapa conceitual. Essa constatação só foi possível por meio da entrevista, pois a problematização e os diálogos nos permitiram compreender o significado de substância segundo Jane e a natureza do seu sistema conceitual.

Para concluir a entrevista, apresentamos três situações¹⁸ nas quais o termo puro(a) foi utilizado, a fim de que a estudante identificasse, em qual delas, o termo relacionava-se ao conceito de substância.

Inicialmente, Jane informou que nos itens II e III o termo puro tinha o mesmo significado e se referia à substância química. Após reler as frases e a observação sobre a composição do outro, ela informou que apenas no item III a expressão material puro se refere à substância, pois, considerando a composição do ouro o material é uma mistura e, no caso do item I, o termo água pura está apropriada para o consumo. Em sua fala, é possível perceber que a estudante consegue diferenciar as concepções espontâneas e científicas em relação à pureza material, o que favorece a compreensão do conceito de substância:

— *Quando a gente pega a garrafinha de água e ver cheia de sujeirinha, a gente diz, a água tá suja, não tá pura, tá com impurezas. O 'pronta para o consumo' aí, no caso, é aquela água que, por exemplo, passa no filtro, a gente sabe que está cheio de impureza, não está puro, mas para consumo tá apropriada. Acredito que esse puro é o apropriado, não é o puro de só tem água ali.*

Quando Jane afirma que a água do item I “*não é o puro de só tem água ali*”, encerramos a entrevista com a estudante apresentando a mesma noção de pureza sinalizada desde o início do processo, quando afirmou que pureza química se trata de “*de algo que só tem aquele material ali, proveniente de apenas uma substância*”. Mais uma vez, percebemos quão estável e uniforme é o critério de pureza para a estudante. O uso deste critério em diferentes momentos e de forma justificada reflete a consciência da estudante quanto à pureza química associada à presença de uma única substância.

Como a estudante não mencionou nenhuma experiência ao longo do curso que lhe permitiu conceituar substância a partir do critério de pureza material, é possível que a assimilação de substância como material puro tenha sido proveniente da abordagem vivenciada no minicurso da Semana de Química da UNEB, cujo critério utilizado para

¹⁸ I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.

II. A aliança é de ouro **puro***.

III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

classificar os matérias foi a pureza química.

4.1.7 O conceito de substância segundo Taís

Ao indagarmos se em algum momento do curso de licenciatura em Química a estudante participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância (Questão 1), Taís informou que discutiu-se, em Conteúdos de Química para o Ensino Médio e em Estágio Supervisionado IV, a diferença entre: 1) substância simples e composta; 2) substância e molécula; 3) substância química e composto químico.

Acreditamos que a diferenciação entre os termos conceituais depende de suas conceituações, ou seja, para diferenciar uma substância química de uma molécula, por exemplo, é preciso conhecer os significados destes termos. Neste sentido, para que a estudante pudesse esclarecer as experiências que lhe permitiram pensar sobre o conceito em estudo, perguntamos se além da classificação das substâncias e da diferenciação entre os termos apresentados, discutiu-se o significado químico de substância. Taís respondeu:

— *Não, ficamos na classificação. Até porque isso aí surgiu porque a professora falou que substância composta é sinônimo de composto químico, aí a discussão surgiu em cima disso, mas não em cima da definição de cada um.*

Na tentativa de que a estudante começasse a explicitar o significado de substância construído a partir das experiências no curso de Química, questionamos:

— Já que vocês discutiram a diferença entre substância química e composto químico, como você diferencia estes conceitos?

Taís:

— *Composto químico pelo que a gente estudou é sinônimo de uma substância composta e uma substância química também é uma substância composta, mas você tem que especificar o estado físico, o estado de agregação da molécula.*

Sabendo que o estado de agregação depende da interação entre as espécies que compõem a substância, esta propriedade não pode ser atribuída à molécula, conforme Taís o fez em sua resposta. Apesar desse equívoco, na entrevista, a estudante esclareceu que o estado de agregação refere-se à substância.

Percebemos que a partir da experiência em Estágio Supervisionado IV, a estudante assimilou a classificação das substâncias, tendo o composto químico como sinônimo de substância composta. Embora não tenha explicitado o conceito de substância, ela apresentou uma relação entre o conceito e os estados de agregação, de modo que, para representar uma

substância química, é preciso especificar o seu estado físico. Neste caso, o estado físico aparece como uma maneira de diferenciar a representação de uma substância da representação de uma molécula. Por exemplo, ao se referir à substância água, é preciso apresentar o estado físico em sua representação ($\text{H}_2\text{O}_{(l)}$), o que não será necessário ao representar a molécula da água (H_2O).

Em nosso entendimento, discutir a representação dos conceitos é importante, mas não possibilita compreender os seus significados, tanto que, ao perguntarmos o que Taís entende por substância química (Questão 2), ela respondeu que

as substâncias químicas são simples ou composta. A substância simples é aquela que apresenta apenas um tipo de átomo na fórmula química. A substância composta é aquela que possui mais de um tipo de átomo na fórmula química. E o principal critério para identificar uma substância simples ou composta é identificar o estado físico de agregação.

Mais uma vez, a estudante mencionou a importância de se utilizar o estado físico na identificação (interpretamos como representação) das substâncias e não conseguiu explicitar o seu significado. Para que refletisse e tentasse sistematizar suas ideias, questionamos:

— Se você tivesse que dar uma aula de química, tivesse que ensinar para seus alunos que os materiais podem ser classificados em substância ou mistura, como você conceituaria substância química? Normalmente a gente trabalha o conceito de substância e depois a classifica. Então, independente de ser simples ou composta, o que você entende por substância química?

Taís:

— Substância química... Deixa eu ver. É porque eu só tô indo para a classificação, para diferenciar uma ou outra, mas... Substância química é um composto químico... Ah, não... É porque eu só tô indo para diferenciar substância simples e substância composta. Substâncias simples são substâncias que são formadas a partir do mesmo tipo de átomo, aí tem, aí se você vai classificar substância, substância simples no caso é o oxigênio, só que, perai, não, quando é substância eu tenho que identificar o estado de agregação, quando é composto não precisa.

A estudante não conseguiu conceituar substância química e permaneceu classificando-a em simples ou composta. Houve uma confusão em sua fala, pois, nas respostas anteriores ela informou que substância composta é sinônimo de composto químico e na fala acima (*substância eu tenho que identificar o estado de agregação, quando é composto não precisa*), parece haver uma diferença entre estes termos. Por outro lado, no questionário, quando perguntamos qual o critério adotado por ela para classificar os materiais em substância

química ou mistura (Questão 3), ela informou que se tratando das *substâncias químicas é necessário identificar o estado físico e mistura não é necessário*.

A dificuldade e insegurança de Taís em explicitar o significado de substância estão relacionadas com a forma como o conceito foi trabalhado no curso de Química (segundo relato da estudante), uma vez que é nítida a ênfase na classificação da substância, na comparação entre substância e composto e na importância de se utilizar o estado físico na identificação da substância. Neste sentido, inferimos que as experiências vivenciadas na graduação não possibilitaram à estudante estabelecer os critérios de conceituação de substância, refletindo sua dificuldade em compreender e, conseqüentemente, expressar o seu significado. É importante destacar que a confusão entre os termos conceituais mencionados está relacionada com a falta de sistematização e conscientização em relação aos mesmos.

Continuamos a problematização para que a estudante conseguisse expressar algum significado de substância química.

Pesquisadora:

— Você mencionou que utiliza o estado físico como um critério de classificação dos materiais. Apenas dizer se é sólido, líquido ou gasoso, é suficiente para distinguir substância de mistura? Por exemplo, se eu colocasse em sua frente dois béqueres com dois líquidos distintos, considerando que em um béquer eu tenho uma substância e no outro eu tenho uma mistura de substâncias, seria possível utilizar o estado físico para classificar os materiais?

Taís:

— *Eu posso ter água e açúcar e só água. Eu não vou saber diferenciar, os dois são líquidos.*

Pesquisadora:

— Eu diria que o estado de agregação não é o melhor critério para classificar os materiais porque tanto a mistura quanto a substância apresentam-se em algum estado físico. Se eu colocasse em dois recipientes dois líquidos distintos e informasse que em um eu tenho uma substância e no outro uma mistura de duas substâncias, visualmente, o aspecto físico é o mesmo, não dá para distinguir, não dá para caracterizar só pelo estado de agregação. E se eu pedisse para você identificar em qual recipiente encontra-se a substância, diferenciando-a da mistura, o que você faria?

Taís:

— *Algum processo experimental? Visualmente são iguais, são dois líquidos, das mesmas cores?*

Pesquisadora:

— Sim, possuem o mesmo aspecto físico. Só que um recipiente contém uma substância e o outro uma mistura. O que você poderia fazer para diferenciar os materiais?

Taís:

— *O grau de pureza.*

Pesquisadora:

— Como você relaciona a pureza com os materiais? Você relaciona a pureza com o material que tem uma única substância ou com a mistura?

Taís:

— *Uma única substância.*

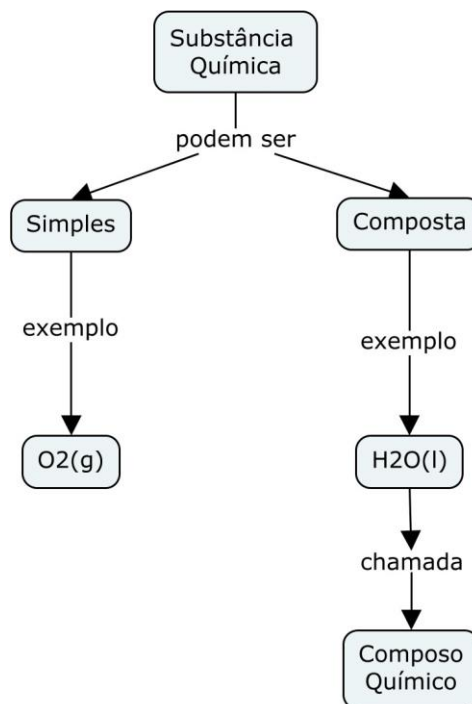
Pesquisadora:

— E o que você pode utilizar como indício da pureza do material? O que eu posso utilizar para afirmar que o material está puro?

Após um tempo em silêncio, a estudante informou que não sabia caracterizar a pureza. Deixamos para abordar essa questão no segundo momento da entrevista, uma vez que a relação entre substância e pureza química seria retomada com o problema da síntese da acetanilida. Vale salientar que, embora a estudante não tenha mencionado nenhum dos critérios esperados para a conceituação de substância e a classificação dos materiais (composição definida, constância das propriedades físicas e pureza), no diálogo acima, ela relacionou, pela primeira vez, substância com a pureza material. Entretanto, como essa relação pode ter sido influenciada pela pergunta que fizemos, não podemos afirmar, ainda, que para Taís, do ponto de vista da Química, material puro é constituído por uma única substância.

Quanto aos conceitos indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância (Questão 4), Taís destacou os seguintes: *átomo, estados físicos, tabela periódica, ligação química*. Para compreender o modo como a estudante estabelece as relações conceituais, analisaremos o seu mapa conceitual.

Figura 11 – Transcrição do mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Taís



Fonte: a estudante Taís

Assim como notamos a ausência dos critérios de conceituação e classificação (composição definida, constância das propriedades físicas e pureza) nas respostas anteriores, tais critérios também não apareceram no mapa. Inclusive, nenhum dos termos mencionados pela estudante na questão anterior (*átomo, estados físicos, tabela periódica, ligação química*), considerados como conceitos importantes para compreensão de substância, foi contemplado no mapa acima. O mapa de Taís é um sistema relativamente simples, com pouca amplitude conceitual, cuja ênfase é dada na classificação da substância, sem possibilitar a compreensão do seu significado.

A falta de critérios de conceituação para substância química e a simplicidade do mapa apresentado nos permite inferir que o pensamento conceitual de Taís precisa ser desenvolvido, de modo que a estudante consiga abstrair as características dos materiais a fim de criar uma classe/categoria (sintetizar) que permita inserir exemplares no conceito de substância.

Ao pedirmos que a estudante citasse cinco conteúdos de química que necessitem do conceito de substância para a sua abordagem (Questão 6), ela mencionou Ligações Químicas (*para mostrar como os átomos se ligam de maneira que possa diferenciar o que é substância, molécula, etc.*) e soluções (*para diferenciar substância de mistura*).

Conhecer a forma como os átomos se ligam, o tipo de ligação química, pode contribuir

na compreensão da estrutura da molécula e do seu significado, entretanto, sabemos que a substância química e suas propriedades resultam da interação entre as espécies constituintes, que podem ser átomos, moléculas ou íons. O tipo de ligação química não possibilitará a diferenciação entre substância e molécula, conforme mencionado pela estudante.

Quanto ao conteúdo soluções, não é sabendo o que é uma solução que iremos diferenciar substância de mistura, pelo contrário, é conhecendo o significado de substância que podemos compreender o que significa uma solução. Neste sentido, notamos que a estudante desconhece os significados dos termos utilizados, o que reflete a dificuldade em estabelecer os critérios de conceituação, as relações conceituais e a função do conceito em estudo.

Para que pudéssemos retomar a discussão sobre a pureza material e o conceito de substância, passamos para o segundo momento da entrevista. Após apresentar as etapas envolvidas na síntese da acetanilida, continuamos com o diálogo.

Pesquisadora:

— Sabendo que se deseja obter a acetanilida pura, de que forma esta substância poderá ser obtida? Ou seja, eu tenho uma mistura e preciso purificá-la para obter apenas a acetanilida. O que deve ser feito para purificar esse material?

Taís:

— *Lavagem?*

Pesquisadora:

— Tem um método de separação bastante conhecido que se utiliza quando se tem um sólido impuro e se deseja obter a substância isolada. Normalmente separam a substância através da diferença de solubilidade dos componentes da mistura. Que método é esse? Lembra? A lavagem faz parte desse processo.

Taís:

— *A gente vê em orgânica ou inorgânica 2. Inorgânica 2 e Orgânica 2 fazem essas práticas. Ah pró, não lembro não.*

Chegamos a associar o precipitado com a formação de cristais a fim de que a estudante relembresse alguns aspectos da aula prática e pensasse a (re)cristalização como um método de obtenção da acetanilida, ou seja, compreendesse o processo de purificação como método de obtenção da substância. Essa compreensão depende da associação entre substância e a pureza material. Mesmo nos referindo diretamente à recristalização, Taís disse que não se lembrava do processo e indagou:

— *Só recristalizar? E qual é o processo químico?*

Explicamos brevemente o processo de purificação e partimos do pressuposto de que ao

recristalizar o material sucessivas vezes, obtivemos a substância desejada.

Pesquisadora:

— Após a purificação realizada, como é possível saber que o material obtido é a substância desejada, a acetanilida pura?

Taís:

— *Ah pró, não sei. Estou pensando aqui em outras coisas. Estou pensando aqui na minha apresentação, em outras coisas. Sim, então eu tenho um sólido e quero saber se realmente ele tá puro, qual é o processo químico, não é isso?*

Apesar de ter aceitado participar da pesquisa, percebemos que a estudante não se esforçou para fornecer respostas bem elaboradas. Durante a realização do questionário, Taís foi a primeira estudante a entregar as respostas, não interagiu com os outros discentes, e na entrevista, era mais cômodo dizer “não sei” do que refletir sobre suas respostas e organizar melhor suas ideias. A falta de atenção às questões/discussões talvez dificultou a mobilização de sua memória e do seu pensamento. Mesmo com essa impressão acerca de sua participação, continuamos problematizando para que pudéssemos compreender, de alguma forma, o que a estudante entende por substância e como relaciona os termos conceituais por ela apresentados.

Pesquisadora:

— Para você, substância é um material puro ou impuro?

Taís:

— *Depende, pode ser puro ou impuro.*

Pesquisadora:

— Pode ser?

Taís:

— *Não, mistura que é. Substância é pura.*

Pesquisadora:

— Se substância é um material puro, o que é que indica essa pureza?

Taís:

— *As propriedades.*

Pesquisadora:

— Se você tivesse que explicar para alguém o que é material puro, o que você diria?

Taís:

— *Material puro...*

Pesquisadora:

— Você disse que mistura é um material impuro.

Taís:

— *Material puro é uma substância.*

Analisando as respostas da estudante e o percurso da entrevista, verificamos que além de não explicitar o significado de substância, ela também apresentou dificuldade em relacionar os termos substância, material puro e pureza. As frases sublinhadas acima não nos permitem afirmar que Taís compreende a substância como material puro, uma vez que: 1) Nossas perguntas, de algum modo, induziram as respostas apresentadas. Notamos que a estudante só associou material puro a substância após compararmos mistura com material impuro; 2) Se ela não conseguiu associar a obtenção da substância/acetanilida a um processo de purificação, era esperado que não conseguisse utilizar o critério de pureza na conceituação de substância.

Ao questionarmos o que poderia ser feito para saber se a acetanilida estava pura, a estudante não mencionou a importância da propriedade física, do ponto de fusão, para inferir sobre a pureza do material. Sendo assim, apesar de citar as propriedades como indício de pureza no diálogo acima, a relação entre propriedade, substância e pureza não foi explicitada por Taís. A falta de sistematicidade e o desuso dos termos em diferentes momentos apontam para a necessidade da tomada de consciência dos conceitos abordados, o que possibilitará à estudante aplicá-los em diferentes situações e justificar o seu uso.

Sobre os processos de obtenção das substâncias, Taís afirmou que uma substância química pode ser obtida *a partir de uma reação química*. Questionamos se após a reação conseguimos obter a substância desejada isoladamente. Taís respondeu:

— *Não, tem a questão das impurezas, que ai vai exigir outros processos químicos. Além da reação, que não necessariamente a gente vai obter o produto desejado, como nesse caso tem a acetanilida e as impurezas, então iria exigir outros processos químicos.*

A fim de que a estudante relacionasse o processo de obtenção da substância com a purificação do material, indagamos:

— E como é que você caracterizaria esses *outros processos* que normalmente se utiliza após a reação para obter a substância isoladamente?

Taís:

— *Como eu caracterizaria? Como assim?*

Pesquisadora:

— O que são esses processos? Para quê eles servem?

Taís:

— *Para retirar as impurezas, para obter o produto final desejado.*

Apesar da dificuldade em relacionar substância, pureza e método de purificação, a estudante percebeu que o processo de obtenção de uma substância depende da retirada de impurezas, ou seja, da purificação do material. Acreditamos que o exemplo da acetanilida contribuiu para essa percepção. Deste modo, para que pudéssemos entender quão consciente a estudante encontrava-se quanto ao método de obtenção da substância, pedimos que exemplificasse um processo explicando a purificação do material desejado.

Como Taís não conseguiu fornecer um exemplo de um processo de purificação, perguntamos a estudante de que forma ela poderia separar duas substâncias de uma mistura líquida, considerando que tais substâncias apresentariam volatilidades diferentes. A estudante mencionou decantação, filtração e por último a destilação. Ainda assim, não conseguiu explicitar como se daria o processo de purificação utilizando-se a destilação.

A destilação é um método de separação interessante para se discutir o conceito de substância relacionando-o com: a pureza material, o processo de purificação, a composição fixa e as propriedades físicas, conceitos fundamentais para a compreensão do significado de substância e do seu sistema conceitual. Entretanto, para estabelecer as relações entre estes termos conceituais é preciso definir os critérios de conceituação de substância, o que não percebemos na análise das respostas de Taís. A ausência de critérios para conceituar substância e da sistematização entre os termos correlatos refletem a dificuldade da estudante em explicitar o seu significado.

Para concluir a entrevista, apresentamos três situações¹⁹ nas quais empregamos o termo puro(a) e pedimos que a estudante analisasse o significado do termo ao nos referirmos a água pura, ao ouro puro e a material puro. Ao informarmos a composição do ouro, a estudante salientou:

Taís:

— *É por isso que o ouro não é uma substância, é uma mistura. A aliança, no caso.*

Pesquisadora:

— O significado do termo puro é o mesmo nas situações mencionas: água pura, ouro puro, material puro.

Taís:

— *Não, porque a água é uma substância. Aliança não.*

Sabemos que na situação do item I o termo água pura não se refere à substância, uma

¹⁹ I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.

II. A aliança é de ouro **puro***.

III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

vez que pura neste caso apresenta a vertente espontânea, trata-se de água pura/adequada para o consumo, mas não de um material constituído por uma única substância.

Continuamos os questionamentos.

Pesquisadora:

— Em algum desses itens o termo puro(a) se refere à substância química?

Taís:

— *A água.*

Pesquisadora:

— Na estação de tratamento a água passa por vários processos, nos quais adicionam à água novas substâncias para aumentar o seu nível de qualidade, para controlar a acidez, enfim... Dizer que a água está pura para o consumo te permite caracterizá-la como uma substância química?

Taís:

— *Então nesse caso ela também não tá pura. Sim, mas é uma substância.*

Ao adicionarem novas substâncias à água durante o seu tratamento, ela estará pura para o consumo, mas do ponto de vista químico, se trata de uma mistura de substâncias, ou seja, de um material impuro. Inicialmente, a estudante informou que no item I o termo água pura se refere à substância. Após mencionarmos o que acontece em alguns processos na estação de tratamento, ela alegou que, *nesse caso, ela (a água) também não tá pura, mas é uma substância.* Taís continua confusa ao relacionar substância e pureza material, não sabendo diferenciar o significado do termo puro a partir da vertente espontânea e da científica.

Para compreender melhor a relação entre substância e pureza atribuída pela estudante, indagamos:

— Quando é que você pode dizer que a água é uma substância? A água pura, pronta para ser consumida, é sinônimo de material puro do ponto de vista da química?

Taís:

— *Não.*

Pesquisadora:

— Por que não?

Taís:

— *Não, sim, porque tem a questão do grau de pureza, se ela tá pronta para ser consumida é porque ela está purificada e isso está relacionado com a química.*

Dizer que a água está purificada do ponto de vista da química significa afirmar que ela possui uma única substância e, em nenhum momento da entrevista, a estudante explicitou essa

relação. Taís continuou apresentando uma confusão entre os termos; ora informou que a água é uma mistura, depois que se trata de uma substância. Também não percebeu a diferença entre os significados do termo puro(a) nos itens I e III.

A análise dos dados nos permite afirmar que Taís não compreende o significado de substância química, uma vez que não conseguiu explicitar o conceito e nenhum dos critérios indispensáveis para a sua compreensão: composição fixa, constância das propriedades físicas e a pureza material. Percebemos que a partir da experiência de ensino mencionada pela estudante, ela conseguiu assimilar apenas a classificação das substâncias, o que não lhe deu subsídio para compreender o conceito em estudo.

A maneira como Taís expressou o seu pensamento por meio da linguagem escrita e oral, aponta para a necessidade de uma abordagem didática que possibilite o processo de formação do conceito de substância, o que implica a necessidade da estudante desenvolver a capacidade de fazer abstrações e generalizações que favoreçam a tomada de consciência dos termos utilizados.

4.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS ALCANÇADOS

Nesta seção apresentaremos uma síntese que nos possibilitará um olhar integral acerca dos resultados alcançados. Por se tratar de uma síntese e pelo fato de termos analisado as respostas, falas e mapas dos estudantes na seção anterior, não detalharemos os dados nesta seção.

Os registros das observações durante a aplicação do questionário revelaram as dificuldades e insegurança dos estudantes em explicitar o significado químico de substância e o seu sistema conceitual. Tentamos compreender o comportamento dos estudantes refletindo sobre as abordagens de ensino propiciadas pelo contexto da pesquisa, os professores do curso de Licenciatura em Química.

Sobre as possíveis abordagens do conceito químico de substância ao longo do curso (Questão 1), constatamos que o *termo conceitual* substância foi contemplado em diferentes componentes curriculares, conforme apresentamos no quadro a seguir.

Quadro 9 – Abordagem do conceito de substância no curso de licenciatura em química segundo os estudantes

Estudantes	Estágio Supervisionado IV	Conteúdos de Química para o Ensino Médio	Química Geral I	PIBID	Minicurso
Pamela					x
Bia	x			x	
Sérgio	x				
Fábio	x	X	x		
Jane	x				x
Bruna	x				
Taís	x	X			

Fonte: elaborado pela autora

Enquanto consideramos a necessidade de discutir o conceito químico de substância no início do curso, por se tratar de um conceito estruturante, basilar para a compreensão de conteúdos químicos importantes, notamos que quase todos os estudantes informaram que o conceito foi discutido em Estágio Supervisionado IV, disciplina oferecida no último semestre. A abordagem no componente foi motivada pela necessidade dos estudantes ministrarem aulas sobre Ligações Químicas no período de regência. A discussão não propiciou a conceituação de substância segundo os critérios que adotamos e deu ênfase à distinção entre os conceitos de substância simples e composta, composto químico, molécula, par iônico e, ainda, interações de partículas. A experiência em Estágio IV talvez tenha sido a que mais influenciou as respostas dos discentes que, por estarem cursando a disciplina na época da nossa coleta de dados, conseguiram resgatar em sua memória traços da vivência mais recente.

Apesar do termo substância aparecer em diferentes momentos da graduação, todos os estudantes, ao explicitarem as experiências de ensino vivenciadas, informaram que não se discutiu o significado de substância química, o que corrobora as declarações dos docentes ao informar terem-no abordado: 1) implicitamente; 2) a depender da necessidade apresentada no componente ministrado; 3) quando é preciso revisá-lo. Desse modo, fica clara a influência do contexto nas dificuldades dos estudantes em refletir sobre o conceito, em identificar as condições necessárias e suficientes para construir seu significado e conseqüentemente, expressá-lo por meio da linguagem. Nota-se, pelo Quadro acima, que muito poucas lembranças restaram do ensino do conceito de substância nos componentes curriculares de Química e que, no caso de dois estudantes, um minicurso de extensão marcou mais que o currículo regular.

Ao indagarmos sobre o que os estudantes entendem por substância química (Questão 2), a fim de compreender qual o significado construído na graduação, esperávamos que eles apresentassem como critérios de conceituação as propriedades físicas definidas e a

composição constante, já que ambos são contemplados nas definições mais usuais, como a definição da IUPAC e as conceituações apresentadas pelos docentes do curso.

A análise das respostas revelou que dos sete estudantes:

- a) Apenas uma estudante conceituou substância a partir do critério de pureza: *Substância refere à pureza. Algo que não está misturado a outros materiais, ou seja, não é uma mistura.*
- b) Uma estudante conceituou substância como material constituído por um único tipo de constituinte que se apresenta em um estado físico (gasoso, líquido, sólido) e que propriedades como ponto de fusão, ebulição estão relacionadas a tal.
- c) Quatro conceituaram substância como um conjunto de átomos, moléculas ou íons que interagem entre si por meio de interações interpartículas. Dos quatro, um estudante também se referiu às propriedades físicas como algo característico da substância e outro estudante destacou o papel do estado físico na representação da substância.
- d) Uma estudante não conceituou o termo substância, apenas a classificou em simples ou composta e apresentou o estado físico como critério para identificá-las.

O Quadro 10 apresenta as unidades de significados e as categorias obtidas a partir da conceituação de substância pelos estudantes.

Quadro 10 – Unidades de significados e categorias obtidas a partir da conceituação de substância pelos estudantes

Segmentos / Unidades de significado	Categorias
<i>Substância como sendo constituída por um único tipo de constituinte.</i>	Composição definida
<i>Propriedades como ponto de fusão, ebulição estão relacionadas a tal. Apresenta propriedades físicas como pontos de fusão, de ebulição, densidade, etc.</i>	Propriedades físicas
<i>Substância refere à pureza.</i>	Pureza Material
<i>Resultado macroscópico da interação interpartículas existentes entre as espécie. É o conjunto de átomos que possui interação química. Conjunto de átomos, moléculas ou íons que interagem entre si por meio de interações interpartículas. “Algo” formado por moléculas, pares iônicos ou átomos (no caso de gases nobres), interagindo.</i>	Resultado da interação interpartículas
<i>Apresenta-se em um estado físico (gasoso, líquido, sólido). Está representado pelo seu estado de agregação. E o principal critério para identificar uma substância simples ou</i>	Estado de agregação

<i>composta é identificar o estado físico de agregação.</i>	
<i>As substâncias químicas são simples ou composta</i>	Classificação da substância

Fonte: elaborado pela autora

As categorias apontam que, inicialmente, a maioria dos estudantes conceituou substância como resultado da interação entre as espécies químicas que a constituem e destacou a importância dos estados de agregação na representação da substância. Constatamos que o significado construído a partir destas categorias é oriundo da experiência vivenciada em Estágio Supervisionado IV, conforme os relatos dos estudantes.

Verificamos que apenas duas estudantes apresentaram critérios esperados para a conceituação de substância: uma estudante conceituou o termo a partir da composição definida e a outra estudante por meio da pureza material. Apesar de dois estudantes terem se referido às propriedades físicas, ambos não se reportaram a constância das propriedades como indício de pureza.

É importante destacar que no diagnóstico feito com os docentes (Quadro 3, p. 72) nenhum deles conceituou substância a partir do critério de pureza material e apenas um docente informou que utiliza a pureza como critério de classificação dos materiais em substância ou mistura. É possível que a ausência deste critério nas abordagens do conceito tenha refletido em sua omissão nas respostas dos discentes.

No nosso entender, pureza material, composição definida e propriedades físicas constantes são os critérios necessários (relacionados entre si) para a construção do conceito de substância. Um material é dito puro — uma substância — quando é formado apenas dele mesmo, o que implica na ideia teórica de ser representado por um único tipo de constituinte — o constituinte predominante — embora este possa se decompor ou aglomerar no seio do material. Afirmar que a substância é um material que apresenta *composição definida* significa que, ao decompor a substância, encontra-se sempre a mesma proporção das substâncias simples que a compõem. Constata-se, empiricamente, que substâncias apresentam constância das propriedades físicas.

Embora adotemos a *pureza material* como critério para distinguir substância química de mistura, uma vez que as substâncias são obtidas por processos de separação/purificação, ao investigarmos o critério adotado pelos estudantes para classificar os materiais em substância ou mistura (Questão 3), já não esperávamos que apresentassem o mesmo critério por nós adotados, uma vez que, apenas um docente explicitou o critério de pureza em sua

classificação e apenas um estudante o fez ao conceituar substância, conforme destacamos anteriormente.

A análise das respostas revelou que os estudantes apresentaram critérios de classificação diversos, entre eles: propriedades físicas definidas; interação entre átomos; interação entre apenas um tipo de átomo, molécula ou par iônico; a natureza das moléculas, pares iônicos ou átomos que compõem a substância (*Se forem idênticos, é substância, se não forem idênticos, é mistura*) e o estado físico da matéria.

Chamou-nos atenção o fato dos critérios de classificação diferirem daqueles que os discentes utilizaram para conceituar substância, por exemplo, a estudante que conceituou substância (Questão 2) como material que apresenta um único tipo de constituinte, quando questionada sobre o critério de classificação (Questão 3), respondeu à questão da seguinte forma: *Não lembro. Desculpe-me*. Para esclarecer esta comparação, os critérios de conceituação e de classificação apresentados pelos estudantes foram compilados no Quadro abaixo.

Quadro 11 – Critérios de conceituação e classificação apresentados pelos discentes para o conceito de substância

Estudantes	Critérios de conceituação	Critérios de classificação
Pamela	Único tipo de constituinte. Propriedades físicas.	“Não lembro. Desculpe-me”.
Bia	Interação entre átomos, íons ou moléculas.	Propriedades físicas e químicas definidas.
Sérgio	Interação entre os átomos.	Interação entre os átomos.
Fábio	Interação entre os átomos moléculas ou íons.	Interação entre <i>apenas</i> um tipo de átomo, molécula ou par iônico.
Jane	“Substância refere à pureza. Algo que não está misturado a outros materiais, ou seja, não é uma mistura.”	“É analisando se o material em questão está “sozinho”, ou seja, se só existe ele no meio ou se há a presença de outros materiais”.
Bruna	Propriedades físicas.	Espécies idênticas (moléculas, pares iônicos ou átomos).
Taís	Substâncias simples ou composta.	Estado físico.

Fonte: elaborado pela autora

Analisando o quadro acima é possível perceber que a única estudante (Jane) que conceituou substância referindo-se à pureza, desta vez, explicou o critério por ela utilizado: *É analisando se o material em questão está “sozinho”, ou seja, se só existe ele no meio ou se há a presença de outros materiais. Havendo outros, é um indicativo de que se trata de uma mistura, não havendo, se trata de uma substância*. Ao considerar substância química como um material puro, constituído apenas dele mesmo, a resposta da estudante demonstra que o

significado construído para o termo substância está de acordo com a vertente científica e o seu uso se dá de forma consciente, uma vez que ela consegue articular a pureza na conceituação e como critério de classificação, ou seja, em situações diferentes, justificando sua resposta.

Esperávamos que os critérios de conceituação e classificação fossem os mesmos porque ao dizer o que é uma substância, cria-se, por abstração e generalização, uma categoria que permite inserir no conceito qualquer exemplar de substância e excluir os exemplares das misturas. Entretanto, apesar dos estudantes apresentarem critérios diferentes, é possível perceber que há um sistema de conceitos revelado em suas respostas, uma vez que, para conceituar substância, foi preciso se reportar a outros termos conceituais.

Sabendo-se que os conceitos não se formam isoladamente, mas em relação com outros conceitos, constituindo um sistema (VIGOTSKI, 2009), questionamos aos estudantes quais conceitos consideram indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância (Questão 4). A partir da seleção das unidades de significado que apareceram nas respostas, criamos as categorias destacadas no Quadro a seguir.

Quadro 12 – Categorias que expressam os conceitos que os estudantes relacionam ao de substância química

Estudantes	Átomos e moléculas	Interação entre partículas	Ligação química	Estados físicos	Íons e elemento químico	Polaridade das moléculas
Pamela	x		x			
Bia		x	x			x
Sérgio	x	x		x		
Fábio	x	x	x			
Jane	x			x	X	
Bruna	x	x			X	
Taís	x		x	x		

Fonte: a autora

As categorias apresentadas no quadro acima mostram que a maioria dos conceitos aos quais os estudantes relacionaram o conceito de substância não coincide com o sistema conceitual que confeccionamos para abordá-lo. Por não apresentarem os mesmos critérios utilizados por nós para a conceituação de substância e a classificação dos materiais (propriedades físicas, pureza material e composição constante), as relações conceituais expressas pelos estudantes diferiram das nossas. Pelo exposto ao longo desta tese, fica claro que o ensino da Química foi insuficiente e que os estudantes aprenderam o conceito de substância do modo que lhes foi possível.

Conforme destacamos em nosso referencial teórico, quimicamente, conceituamos o

termo substância como **um material puro que apresenta composição constante e propriedades físicas com valores característicos sob condições especificadas, cuja representação é feita pela espécie química predominante que corresponde à sua fórmula química**. Nesta definição podemos perceber a relação entre substância, material puro, propriedades físicas, pureza e espécie química/constituente, compondo parte do seu sistema conceitual. Outros conceitos correlatos também apareceram em nosso mapa: substância simples, substância composta, composição constante, processos de separação/purificação.

Sabemos que cada mapa reflete a forma como os conceitos estão sistematizados na consciência de quem o confecciona. Portanto, não esperávamos que os estudantes elaborassem mapas idênticos ao nosso, mas que as proposições conceituais fossem semelhantes, uma vez que todos os mapas trataram do conceito de substância. Para que as proposições/relações conceituais contemplassem o nosso sistema conceitual, os estudantes deveriam apresentar os critérios de conceituação e classificação conforme o nosso referencial, o que não foi observado.

Analisando os mapas conceituais dos estudantes, verificamos que Bruna, Fábio, e Taís apresentaram apenas uma proposição conceitual contemplada em nosso mapa e que Jane e Pamela explicitaram duas proposições conceituais compatíveis com as nossas. Os demais estudantes não apresentaram nenhuma relação em comum com as relações do nosso sistema conceitual. O Quadro 13 apresenta as proposições conceituais que destacamos nos mapas dos estudantes ao compará-los com o nosso.

Quadro 13 – Proposições conceituais²⁰ extraídas dos mapas de Bruna, Fábio, Jane, Pamela e Taís

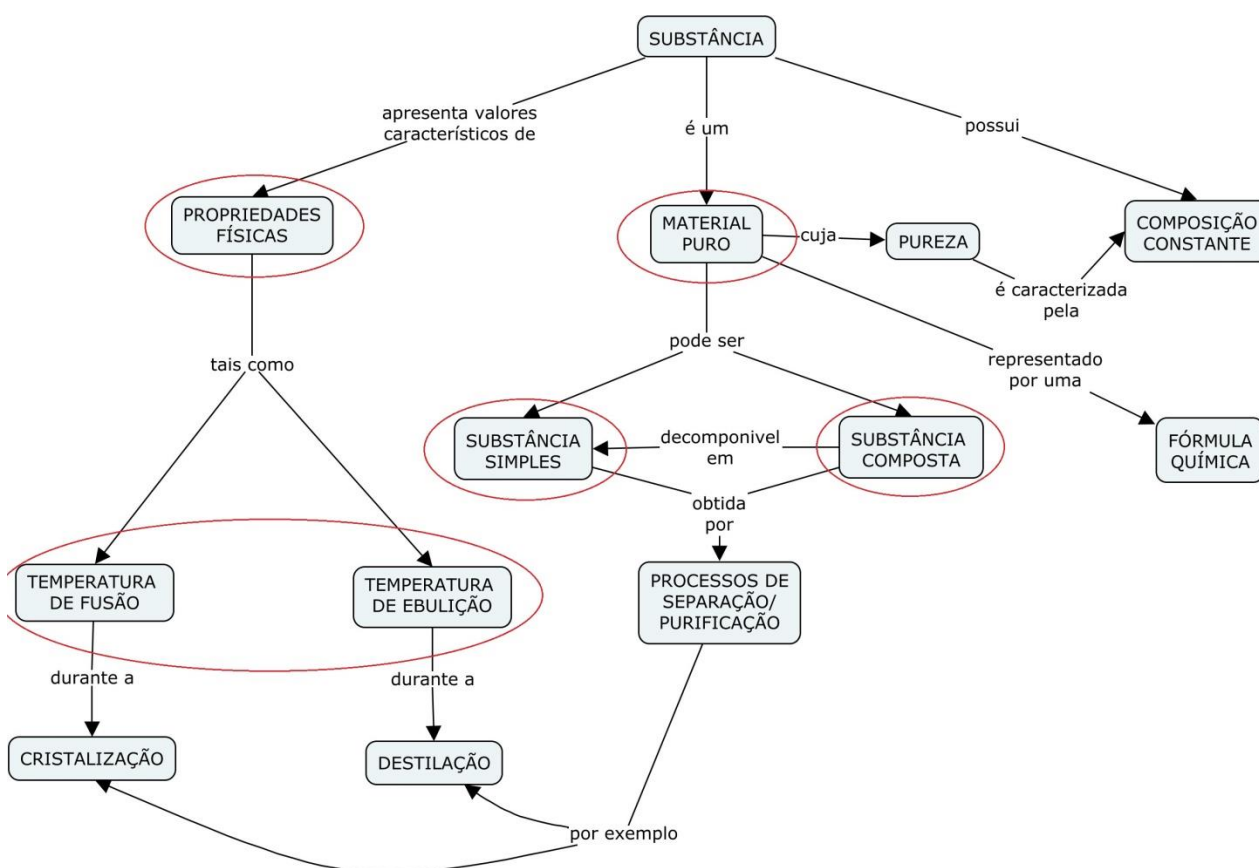
	Proposições conceituais
Bruna	SUBSTÂNCIA apresenta PROPRIEDADES FÍSICAS
Fábio	SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS podem ser divididas em COMPOSTA / SIMPLES
Jane	SUBSTÂNCIAS são PURAS SUBSTÂNCIAS podem ser SIMPLES/COMPOSTAS
Pamela	SUBSTÂNCIA podem ser PURA PURA tem PONTO DE FUSÃO E EBULIÇÃO CONSTANTES
Taís	SUBSTÂNCIA QUÍMICA podem ser SIMPLES/COMPOSTA

Fonte: elaborado pela autora

²⁰ Para transcrevermos as proposições conceituais, apresentamos no quadro os conceitos em letra maiúscula e os conectivos em letra minúscula, mantendo a fidedignidade das relações explicitadas pelos estudantes em seus mapas conceituais.

Conforme o quadro acima, as proposições destacadas nos mapas dos estudantes estabeleceram relações entre substância e os seguintes termos: propriedades físicas, simples e composta, pura, ponto de fusão e ebulição constantes. Tais relações compõem o nosso sistema, conforme destacamos no mapa abaixo.

Figura 12 – Um mapa conceitual para o conceito químico de substância



Fonte: a autora

A partir das relações conceituais destacadas, três categorias podem ser identificadas nos mapas dos estudantes: classificação das substâncias em simples e composta, presença das propriedades físicas e a relação entre substância e o termo puro(a). Como as únicas estudantes que explicitaram a relação entre substância e o termo pura (Jane e Pamela) informaram que participaram do minicurso na Semana de Química da UNEB, no qual discutiu-se o conceito de substância a partir do critério de pureza material, acreditamos que a experiência vivenciada influenciou na compreensão de substância como material puro.

Sobre a função do conceito em estudo, constatamos que os estudantes apresentaram dificuldade em perceber a importância do conceito de substância na abordagem de alguns conteúdos químicos (Questão 6). Atribuímos esta dificuldade ao desconhecimento do significado químico de substância e dos conceitos correlatos, o que dificultou a sistematização entre os termos conceituais. Neste sentido, a análise dos mapas conceituais e das respostas à questão 6 revelou que os estudantes apresentaram sistemas de pouca amplitude conceitual.

Apesar da simplicidade dos sistemas conceituais apresentados, durante as entrevistas conseguimos perceber que os estudantes explicitaram novas relações entre os termos conceituais e passaram a reconhecer substância a partir do critério de pureza. Entretanto, mesmo com o exemplo da síntese da acetanilida, que propiciava refletir sobre a purificação do material e a importância das propriedades físicas como indício de pureza, nenhum estudante explicitou o significado de substância a partir da relação entre os três critérios abordados em nosso referencial: pureza, composição e propriedades.

Ao apresentarmos três situações nas quais o termo puro(a) foi empregado e relacionado a concepções diferentes quanto à pureza material, verificamos que dos sete estudantes apenas a aluna Taís não conseguiu perceber que no item III²¹ *material puro* se referia à *substância química*. Neste sentido, apesar dos estudantes terem estabelecido a relação entre substância e pureza somente no segundo momento da entrevista (exceto Jane, que usou a pureza como critérios de conceituação e classificação desde o início do processo, Quadro 11, p. 155), identificamos que eles conseguiram diferenciar as concepções espontâneas e científicas em relação ao termo material puro, o que contribuiu para a compreensão do conceito de substância a partir do critério de pureza.

A análise do processo como um todo revelou que em diversos momentos os estudantes enunciaram relações entre diferentes termos do sistema conceitual de substância que tomamos como referência, porém, de modo disperso. Atribuímos esta dispersão a ausência de critérios de conceituação e à falta de sistematização entre os termos mencionados. Inferimos que, a fragmentação e falta de sistematização no ensino do conceito de substância, conforme relatado por docentes e discentes, contribuiu para tal situação. Nota-se que as questões da entrevista levaram os estudantes a recuperar vários aspectos da substância que não tinham sido incluídos nos seus mapas conceituais, indicando terem tido contato com os mesmos em algum momento do curso.

²¹ III. Após a decomposição (purificação) de uma mistura obtemos um material **puro**.

O percurso da entrevista possibilita inferir, também, que a natureza das questões pode ter influenciado as respostas dos estudantes, propiciando momentos de reflexão, onde a atenção, a memória, o pensamento e a linguagem foram mobilizados de modo que a problematização pode ter favorecido a construção inicial do conceito de substância naquele momento, caracterizando o início de um processo de desenvolvimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do processo como um todo revelou que o conceito de substância aparece em diferentes momentos do curso de Licenciatura em Química da UNEB, embora as abordagens nos componentes curriculares não explicitem claramente o seu significado. A ausência de discussão e de exercícios que possibilitem o emprego do conceito não favoreceu a aprendizagem dos estudantes, conduzindo a critérios conceituais impróprios e obscuros; dificuldades na aplicação de critérios para classificação de um objeto como substância; sistema conceitual restrito, com relações conceituais pouco claras; conceituação espontânea. As dificuldades dos estudantes em conceituar substância quimicamente e justificar o seu uso apontam a necessidade de uma abordagem de ensino que favoreça a compreensão de seu real significado.

A partir dos resultados alcançados, apontaremos possíveis encaminhamentos de soluções para os problemas detectados.

Por se tratar de um conceito estruturante, basilar para a compreensão do sistema conceitual da Química, sugerimos que o conceito de substância seja contemplado desde o início do curso, em disciplinas como Química Geral I ou em componentes curriculares que possibilitem discussões acerca dos conceitos estruturantes do pensamento químico.

Vale destacar que é preciso rememorar o significado de substância em outros momentos do curso, de modo que as experiências de ensino e de aprendizagem desenvolvam no sujeito a capacidade de generalizar e abstrair características dos materiais que lhe permitam criar uma classe/categoria para o conceito químico de substância.

Para que a abordagem do conceito de substância ocorra em diferentes momentos da graduação e possibilite a sua aprendizagem, é necessário que haja diálogo entre os docentes, o planejamento das atividades de forma sistemática e uma discussão sobre o próprio currículo do curso.

A fim de possibilitar a tomada de consciência do conceito de substância por parte dos estudantes, as experiências de ensino deverão:

- 1) Explicitar o significado a partir das relações com os termos correlatos, ou seja, os conceitos científicos deverão ser assimilados por meio de um sistema conceitual bem estruturado que possibilite sua conscientização e emprego voluntário;

- 2) Enunciar os termos conceituais, explicá-los e apresentar seu emprego em situações diversas, no sentido de favorecer a ampliação e enriquecimento da rede de relações entre os conceitos, o que favorece o processo de compreensão, ou seja, o processo de tornar a voz

alheia, voz própria;

3) Proporcionar situações para o exercício de emprego do conceito em casos diferentes dos estudados, visando desenvolver o reconhecimento das situações nas quais o conceito pode ser empregado. Tais exercícios devem incluir situações experimentais (preparo de soluções, reações químicas etc.) para que se possa trabalhar a relação do conceito de substância com a realidade do laboratório químico;

4) Trabalhar a construção do significado químico de substância por meio de seus aspectos históricos e filosóficos.

Para favorecer a assimilação do conceito de substância, sugerimos que sejam utilizados, conforme sinalizamos em nosso referencial, os seguintes critérios de conceituação: a pureza material, a composição definida e a constância das propriedades físicas. A relação entre estes critérios possibilitará a compreensão do sistema conceitual de substância.

Ao reconhecer substância como um material puro, sabemos que sua aquisição se dá de forma empírica, neste caso, acreditamos que é possível contemplar o seu sistema conceitual a partir de experimentos que possibilitem discutir e relacionar os conceitos de substância, material puro, propriedades físicas, pureza, espécie química/constituente, substância simples, substância composta, composição constante, processos de separação/purificação. A destilação, entre outros métodos de purificação utilizados na graduação, poderá fomentar essas discussões.

Ao longo das entrevistas percebemos que a problematização favoreceu a reflexão dos estudantes que, por meio da linguagem, conseguiram expressar novas relações conceituais ampliando o seu sistema de substância. Neste sentido, acreditamos que experiências de ensino por meio de problemas, numa perspectiva Vigotskiana, em que o docente auxilie o estudante na resolução das questões, poderão favorecer a aprendizagem e conseqüentemente o desenvolvimento, de modo que no futuro o estudante poderá fazer sozinho o que faz ainda com o auxílio do professor.

A partir dos resultados alcançados, nossa investigação abre perspectivas para a realização de novas pesquisas na área de Ensino de Química, entre elas:

a) Pesquisa acerca de materiais para o ensino do conceito de substância e seu sistema conceitual, tanto no Ensino Médio, quanto no Ensino Superior: mediação didática para a produção de textos teóricos, experimentos, exercícios, entre outros possíveis;

b) Pesquisa de como licenciandos recém-formados ensinam substância e seu sistema conceitual;

c) Pesquisa de como o conceito de substância é trabalhado nos componentes de

Ensino de Química;

d) Pesquisa do currículo da Licenciatura em Química quanto à organização conceitual e ao ensino do conceito de substância e de outros conceitos estruturantes.

e) Pesquisa de como adequar o conceito de substância e parte do seu sistema conceitual para o Ensino Fundamental: uma sequência didática sobre o conceito de substância para o Ensino Fundamental

Apesar de nos debruçarmos há alguns anos no estudo do conceito de substância, as perspectivas de pesquisas sinalizadas acima mostram que há um longo caminho a ser explorado no que diz respeito às investigações quanto a este conceito. Por meio deste trabalho, entendemos haver conseguido atingir o nosso objetivo principal: compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos.

Vale destacar que a partir desta tese estamos confeccionando, a convite, um artigo a ser publicado na revista Química Nova na Escola e que planejamos produzir outros artigos e materiais que nos possibilitem divulgar os resultados alcançados.

REFERÊNCIAS

ARISTÓTELES. **Metafísica**. São Paulo: Edipro, 2006.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BAHIA. **Projeto de Renovação do Curso de Licenciatura em Química da UNEB**. Salvador: SEC. 2009.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2010.

BELLAS, Renata R. D.; GONZALEZ, Isadora Melo; SILVA, José Luis P. B. Mapas conceituais em perspectiva histórico-cultural. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Atas...**, Florianópolis: Abrapec, 2015.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; STENGERS, Isabelle. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

BOGDAN, Robert. C., BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação - Um enfoque metodológico**. Porto: Porto, 1991.

BORBA, F. S (Org.). **Dicionário UNESP do português contemporâneo**. São Paulo: UNESP, 2004.

BROCK, William H. **The Chemical Tree: a history of chemistry**. New York: W. W. Norton, 2000.

CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006 (Orientações Curriculares para o Ensino Médio; v. 2).

DUHEM, Pierre. **Mixture and Chemical Combination and related essays**. Dordrecht: Kluwer, 2002.

FACCI, M.G.D. **Valorização ou esvaziamento do trabalho do professor?: um estudo crítico-comparativo da teoria do professor reflexivo, do construtivismo e da psicologia vigotskiana**. Campinas: Autores Associados, 2004.

FREIRE JR, Olival. A relevância da filosofia e da história das ciências para formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J. (Org). **Epistemologia e Ensino de Ciências**. Salvador: Arcádia, 2002.

GIL-PÉREZ, Daniel et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOLDFARB, A. M. **Da Alquimia à Química**. São Paulo: Landy, 2001.

GOMES, Romeu. A análise de dados em pesquisa qualitativa. In: MINAYO, M. C. S. (Org.) **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade**. 24. ed. Petrópolis: Vozes, 1994. p.67-80.

HARDY-VALLÉE, Benoit. **Que é um conceito?** São Paulo: Parábola, 2013.

HERMINDA, P. M. V.; ARAÚJO, I. E. M. Elaboração e validação do instrumento de enfermagem. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 59, n. 3, p. 314-320, mai.-jun. 2006.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING. **Homepage**. Available in: <http://cmc.ihmc.us/>. Access in: 15 Jan. 2018.

IUPAC. **Gold Book**: Compendium of Chemical Terminology, 2014. On-line version: <http://goldbook.iupac.org>.

JOHNSON, P. Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 719-737. 2000.

LAVOISIER, Antoine-Laurent. **Tratado elementar de Química**. São Paulo: Madras, 2007.

LEICESTER, H. M. **Panorama Histórico de la Química**. Madrid: Alhambra, 1967.

LIMA, Maria Emília C. C.; BARBOZA, Luciana C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. **Química Nova na Escola**, n. 21, p. 39-43, 2005.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem**: componente do ato pedagógico. São Paulo: Cortez, 2011.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

LURIA, A. R. **Curso de Psicologia Geral**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979.

LURIA, A.R. Diferenças culturais de pensamento. In: VIGOTSKI, L.S.; LURIA, A.R.; LEONTIEV, A.N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 2012.

MATTHEWS, M.R. Historia, Filosofia y Enseñanza de Las Ciencias: La Aproximación Actual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 255-277, 1994.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, jan. 1995.

MINAYO, M. C. S. Introdução. In: MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; SOUZA, E. R. (Org.). **Avaliação por triangulação de métodos**: Abordagem de Programas Sociais. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2010. p. 19-51.

_____. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: _____. (Org.) **Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2004. p. 9-29.

MOREIRA, Daniel Augusto. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira

Thomson, 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MORTIMER, Eduardo Fleury; AMARAL, Luiz Otávio F. Quanto mais quente melhor. **Química Nova na Escola**, n. 7, maio 1998, p. 30-34.

NOVAK, Joseph. D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento**: mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Plátano, 2000.

OKI, Maria Conceição Marinho. **A história da química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos**: um estudo de caso numa disciplina do curso de Química da UFBA. 2006. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2006.

OKI, Maria da Conceição Marinho; MORADILLO, Edílson Fortuna de. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência e Educação**, v.14, n.1, p. 67-88, 2008.

OLIVEIRA, Renato José. O mito da substância. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 8-11, maio. 1995.

OLLAIK, L. G.; ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 1, p. 229-241, 2012.

PARTINGTON, J. R. **A Short History of Chemistry**, 3. ed. New York: Dover, 1989.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Vozes, 1995.

SAVIANI, Dermeval. **Escola e Democracia**. 38. ed. Campinas: Autores Associados, 2006.

SCERRI, E. The dual sense of the term “element” attempts to derive the Madelung rule, and the optimal form of the periodic table, if any. **International Journal of Quantum Chemistry**, v. 109, n. 5, p. 959-971, 2009.

SCHUMMER, Joachim. Substances versus reactions (editorial). **Hyle**, v.10, n.1, p.3-4, 2004. Available from: <<http://www.hyle.org/>>. Cited: 13 dec. 2007.

SCHUMMER, Joachim. The Chemical Core of Chemistry. **Hyle**, v.4, n.2, p.129-162, 1998. Available from <<http://www.hyle.org/>>. Cited: 13 dez. 2007.

SCHUMMER, Joachim. The impact of instrumentation on chemical species identity from chemical substances to molecular species. In: MORRIS, Peter J. T. (Ed.). **From classical to modern chemistry**. London: The Royal Society of Chemistry, 2002. p.188-211.

SILVA, J. L. P. B.; PREGNOLATTO, Y. H. Avaliação de aprendizagem por mapas conceituais: o caso da primeira lei da termodinâmica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 7., 2000, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: SBF, 2000. CD-ROM.

SILVA, João Roberto Ratis Tenório da. **Um perfil conceitual para o conceito de substância**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

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. Atas... Belo Horizonte: Abrapec, 2008.

SILVEIRA, Marcelo Pimentel da. **Uma análise epistemológica do conceito de substância em livros didáticos de 5° a 8° series do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Química/Instituto de Física/Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TAVARES, Leandro; ROGADO, James. **A história das ciências e os seus fundamentos históricos, epistemológicos e culturais no livro didático de química: o conceito de substância**. In: XIII Congresso de Iniciação Científica/ 3ª Mostra Acadêmica da Unimep. Piracicaba - SP, 2005. vol. 1.

TONET, Ivo. **Educação contra o capital**. Maceió: EDUFAL, 2007.

_____. Educar para a cidadania ou para a liberdade? **Perspectiva** (Florianópolis), v. 23, n. 02, p. 469-484, jul./dez. 2005.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

UNEB. Universidade do Estado da Bahia. **Projeto do curso de licenciatura em química para fins de renovação do reconhecimento**. Salvador, 2008.

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

_____. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

_____. **Pensamento e linguagem**. Lisboa: Relógio D'Água, 2007.

_____. **Teoria e método em psicologia**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

VYGOTSKI. **Obras escogidas - II**. Madrid: A. Machado Libros, 2001.

WERTSCH, J.V. **Vigotski and the social formation of mind**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1985

Apêndice

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido destinado aos docentes

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estamos realizando uma investigação acerca do **conceito químico de substância à luz da Psicologia Histórico-Cultural**, cujo objetivo é compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos. A sua colaboração é fundamental para que possamos alcançar o resultado pretendido neste projeto.

A pesquisa é conduzida pela professora Renata Rosa Dotto Bellas com a orientação do professor José Luis de Paula Barros Silva, constituindo-se em trabalho de tese, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS.

O/A Sr/a. é convidado/a a participar da pesquisa, o que envolve responder a um questionário, por escrito, e, se necessário, a uma entrevista, de forma oral e escrita, conduzida pela pesquisadora. As entrevistas serão gravadas em vídeo e áudio e transcritas para obtenção de informações necessárias à pesquisa. As gravações e transcrições 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 responder a qualquer pergunta do questionário e da entrevista, bem como 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 e serão usadas apenas para os fins da pesquisa. A publicação dos resultados da pesquisa poderá conter trechos das respostas aos questionários e das entrevistas, porém, mantendo sigilo a respeito da real identidade dos entrevistados. Quando necessário, serão empregados nomes fictícios e/ou codificados para identificar os entrevistados.

Caso concorde em participar desta pesquisa, por favor, preencha a tabela das informações abaixo e assine este documento.

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é assinado em duas vias, uma para o/a Sr/a e outra para o Estudo. Caso deseje maiores esclarecimentos, solicitar ao pesquisador.

Declaro que compreendi as informações apresentadas neste documento e dei meu consentimento para participação no Estudo.

Nome	
Telefone(s)	
E-mail	

Salvador, ___/___/_____.

Assinatura: _____

Pesquisador/a	
Assinatura	

APÊNDICE B – Questionário destinado aos docentes do curso de licenciatura em química

1. Você costuma abordar o conceito de substância no curso de licenciatura em química? Em que momento isso é feito?
2. Em uma escala de 0 a 10, que valor você atribuiria à importância do conceito de substância para o ensino de química? Justifique sua resposta.
3. O que você entende por substância química?
4. Qual o critério adotado por você para classificar os materiais em substância química ou mistura?
5. Quais conceitos você considera indispensáveis para a compreensão do sistema conceitual no qual o conceito químico de substância está inserido?
6. Qual a estratégia/forma utilizada por você para abordar o conceito químico de substância?
7. Os estudantes apresentam dificuldades na aprendizagem do conceito de substância? Quais? A que você atribui estas dificuldades?
8. Você considera importante abordar o conceito de substância à luz da história da química? Por quê? Utiliza a abordagem histórica ao contemplar este conceito?
9. Para responder as questões acima, você precisou consultar algum material? Se sim, informe qual material foi utilizado.

APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido destinado aos discentes

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estamos realizando uma investigação acerca do **conceito químico de substância à luz da Psicologia Histórico-Cultural**, cujo objetivo é compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos. A sua colaboração é fundamental para que possamos alcançar o resultado pretendido neste projeto.

A pesquisa é conduzida pela professora Renata Rosa Dotto Bellas com a orientação do professor José Luis de Paula Barros Silva, constituindo-se em trabalho de tese, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS.

O/A Sr/a. é convidado/a a participar da pesquisa, o que envolve responder a um questionário, por escrito, e a uma entrevista, de forma oral e escrita, conduzida pela pesquisadora. As entrevistas serão gravadas em vídeo e áudio e transcritas para obtenção de informações necessárias à pesquisa. As gravações e transcrições 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 responder a qualquer pergunta do questionário e da entrevista, bem como 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 e serão usadas apenas para os fins da pesquisa. A publicação dos resultados da pesquisa poderá conter trechos das entrevistas e das respostas aos questionários, porém, mantendo sigilo a respeito da real identidade dos entrevistados. Quando necessário, serão empregados nomes fictícios e/ou codificados para identificar os entrevistados.

Caso concorde em participar desta pesquisa, por favor, preencha a tabela das informações abaixo e assine este documento.

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é assinado em duas vias, uma para o/a Sr/a e outra para o Estudo. Caso deseje maiores esclarecimentos, solicitar ao pesquisador.

Declaro que compreendi as informações apresentadas neste documento e dei meu consentimento para participação no Estudo.

Nome	
Telefone(s)	
E-mail	

Salvador, ___/___/_____.

Assinatura: _____

Pesquisador/a	
Assinatura	

APÊNDICE D – Questionário destinado aos discentes do curso de licenciatura em química



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

Nome: _____

Semestre: _____

Contatos: _____

1. Em algum momento do curso de licenciatura em química você participou de alguma discussão ou abordagem sobre o conceito químico de substância? Em caso afirmativo, fale um pouco sobre essa experiência.
2. O que você entende por substância química?
3. Qual o critério adotado por você para classificar os materiais em substância química ou mistura?
4. Sabemos que os conceitos não se formam isoladamente, mas em relação com outros conceitos, constituindo um sistema. Quais conceitos você considera indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância?
5. Elabore um mapa conceitual para o conceito químico de substância. Dica: utilize os conceitos destacados na questão anterior e fique à vontade para ampliar o seu mapa utilizando outros conceitos.
6. Cite cinco conteúdos de química que necessitem do conceito de substância para a sua abordagem, explicando a necessidade do conceito em cada caso.

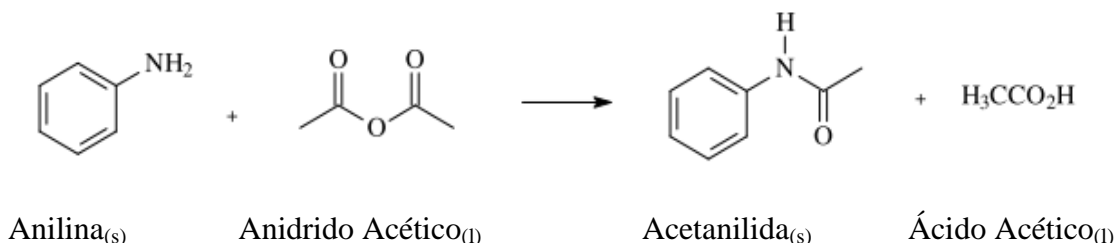
APÊNDICE E – Roteiro para a entrevista com os licenciandos do curso de química

Entrevista semiestruturada

Um dos objetivos principais do nosso trabalho é **compreender como estudantes de graduação conceituam substância química e empregam este conceito na resolução de problemas químicos.**

No questionário, buscamos compreender o que você entende por substância química, qual o critério adotado para classificar os materiais em substância ou mistura, quais conceitos você considera indispensáveis para a compreensão do conceito químico de substância (tanto que pediu-se que fosse elaborado uma mapa conceitual). Solicitamos também que citasse cinco conteúdos de química que, em sua opinião, necessitam do conceito de substância para a sua abordagem, explicando a necessidade do conceito em cada caso. Para elucidar melhor as respostas, farei algumas perguntas relacionadas ao questionário, como também apresentarei novas questões.

1. A Acetanilida era uma substância bastante utilizada devido à sua ação analgésica (alivia a dor) e antipirética (reduz a febre). Observe a equação que representa a reação de síntese da acetanilida e o esquema abaixo.



- ✓ Em um béquer de 400 ml, adicionar 120 ml de água e 15,50 g de anilina.
- ✓ Na capela, adicionar em pequenas porções e sob agitação magnética, 18 ml de anidrido acético. (Cuidado, reação rápida e exotérmica!).

Mistura = Líquido: ácido acético, acetanilida (traços), anilina (traços) /Sólido: ACETANILIDA + impurezas.

- ✓ Resfriar e Filtrar a vácuo.

Filtrado: ácido acético, anilina, água, acetanilida (traços) + Sólido: ACETANILIDA + impurezas.

- ✓ Lavar o precipitado com água gelada e secar

ACETANILIDA + impurezas

- a. Sabendo que se deseja obter a acetanilida pura, de que forma esta substância poderá ser obtida? Explique.
- b. Como é possível saber que o material obtido é a substância desejada, a acetanilida pura?
- c. O que indica a pureza de um material? / Se você tivesse que explicar para alguém o que é material puro, o que você diria?
- d. A acetanilida é uma substância simples ou composta? Por quê?
- e. Qual a sua fórmula química? – C_8H_9NO – Para que serve?
- f. O exemplo mencionado nesta questão mostra a reação química utilizada para a obtenção da acetanilida. Como você descreveria o processo de obtenção de substâncias, ou seja, de que forma é possível se obter uma substância química?
- g. Dê exemplo de um processo utilizado para purificar um material e explique como ocorre a purificação?

2. Observe o emprego do termo **puro(a)** nas frases abaixo e responda a questão a seguir.

- I. Após passar pela estação de tratamento, a água está **pura**, pronta para ser consumida.
- II. A aliança é de ouro **puro***
- III. Após a decomposição (purificação química) de uma mistura obtemos um material **puro**.

Os termos destacados apresentam o mesmo significado nas frases acima?

() Sim.

() Não. Justifique apresentando o significado de puro(a) adotado em cada frase.

Algum item acima se refere à substância química? Qual? Por quê?

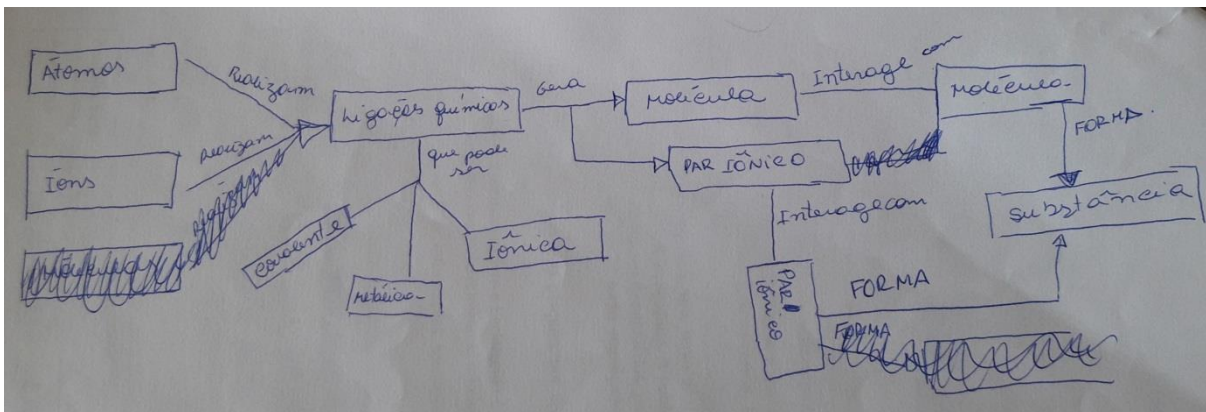
* Obs.: O ouro puro é demasiadamente mole para ser utilizado. Por essa razão, geralmente é endurecido formando ligas metálicas com cobre, prata, zinco, níquel e cádmio. Esta liga é necessária para tornar o material mais durável e brilhante, mas varia de joalheria para joalheria.

Uma joia em ouro 18 quilates, normalmente possui em sua composição 75% de ouro e 25% de prata, cobre ou bronze.

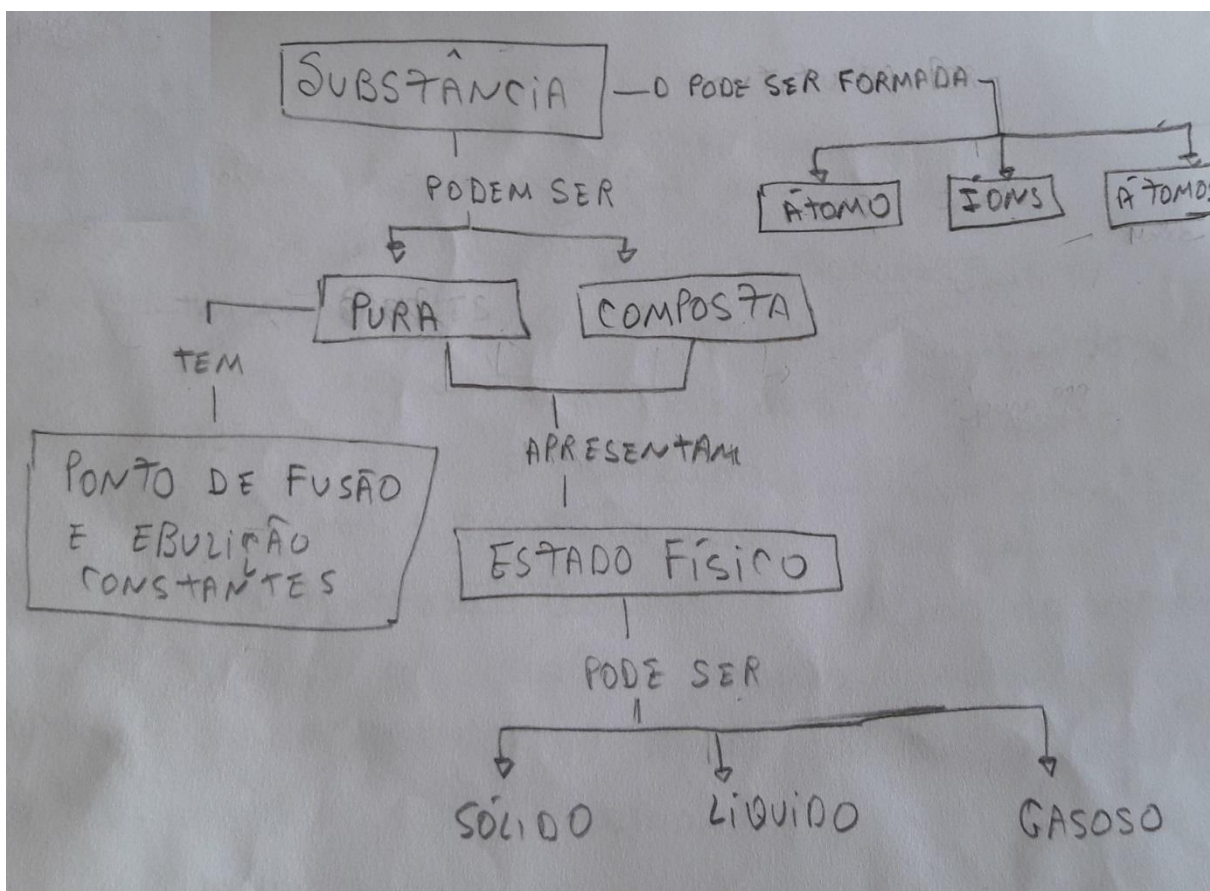
Anexo

ANEXO A – Mapas conceituais elaborados pelos estudantes

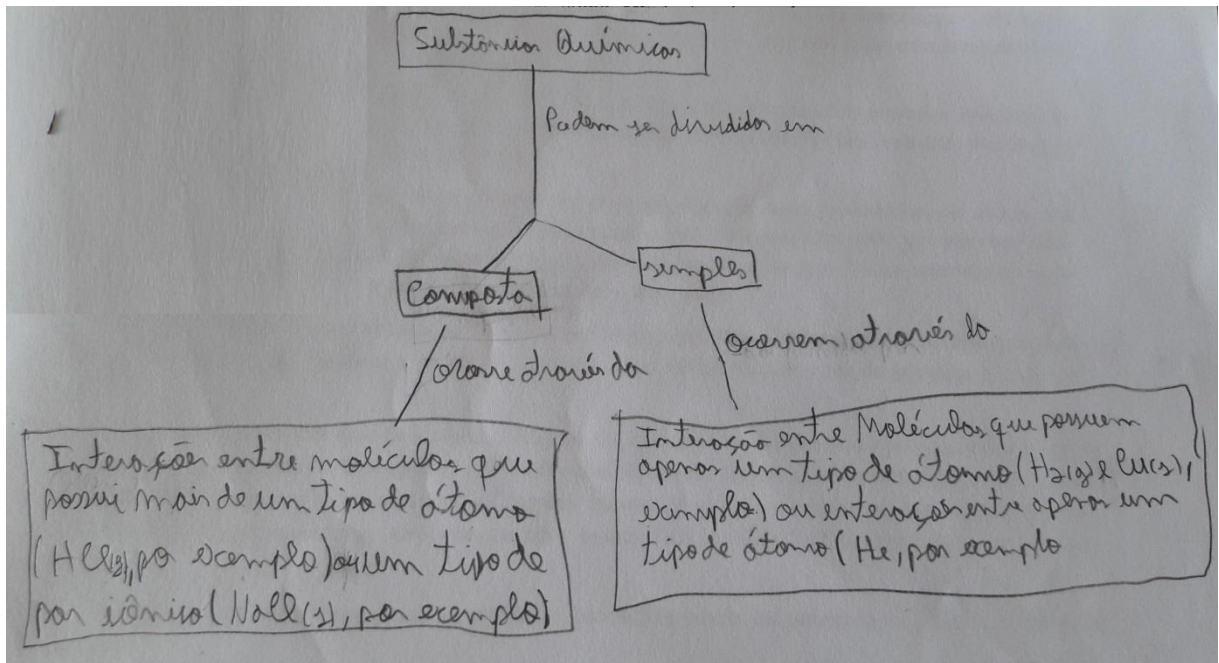
ANEXO A.1 – Mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Bia



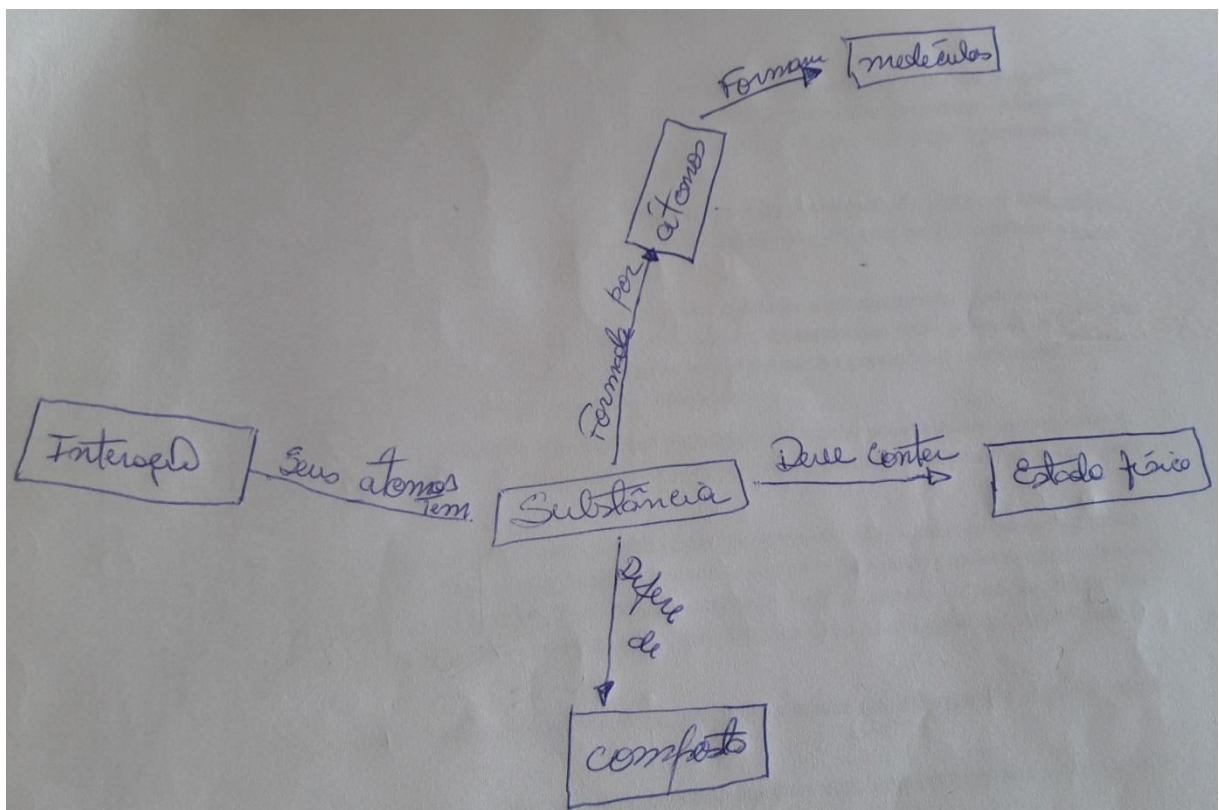
ANEXO A.2 – Mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Pamela



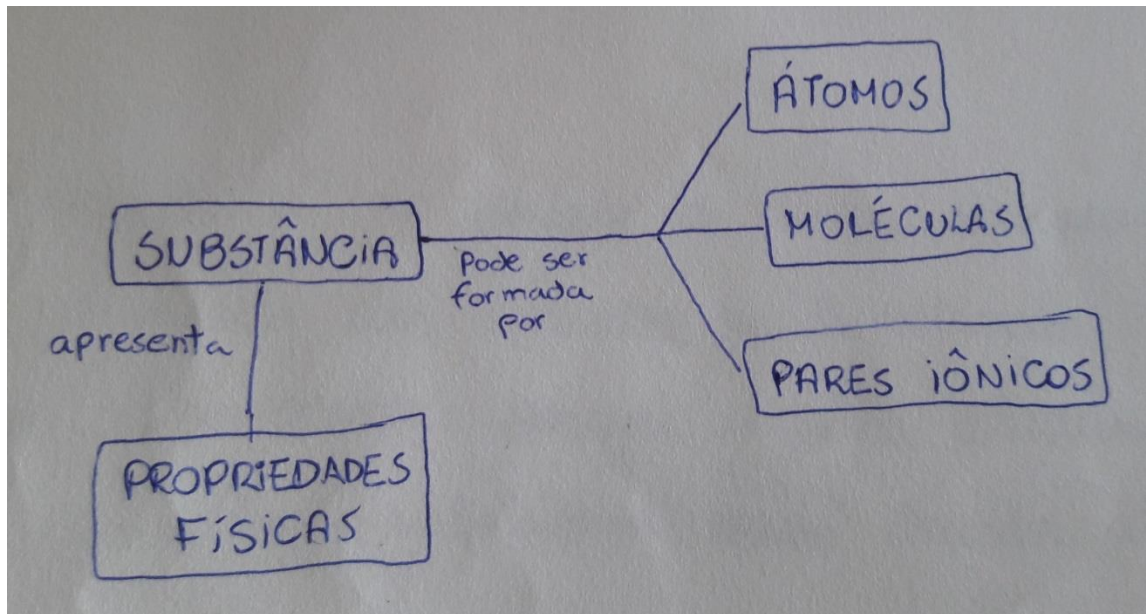
ANEXO A.3 – Mapa conceitual de substância confeccionado pelo estudante Fábio



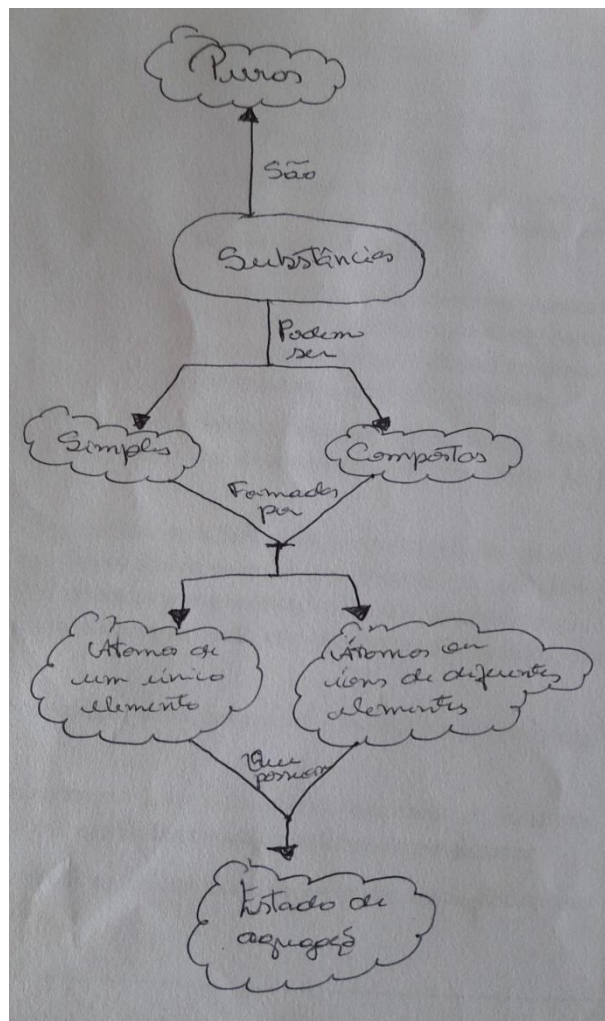
ANEXO A.4 – Mapa conceitual de substância confeccionado pelo estudante Sérgio



ANEXO A.5 – Mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Bruna



ANEXO A.6 – Mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Jane



ANEXO A.7 – Mapa conceitual de substância confeccionado pela estudante Taís

