

Fábio André Sangiogo

**A ELABORAÇÃO CONCEITUAL SOBRE REPRESENTAÇÕES  
DE PARTÍCULAS SUBMICROSCÓPICAS EM AULAS DE  
QUÍMICA DA EDUCAÇÃO BÁSICA: ASPECTOS  
PEDAGÓGICOS E EPISTEMOLÓGICOS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Educação Científica e Tecnológica da Universidade  
Federal de Santa Catarina como requisito parcial  
para a obtenção do Grau de Doutor em Educação  
Científica e Tecnológica

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Marques

Florianópolis – SC  
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Sangiogo, Fábio André

A elaboração conceitual sobre representações de partículas submicroscópicas em aulas de Química da Educação Básica : aspectos pedagógicos e epistemológicos / Fábio André Sangiogo ; orientador, Carlos Alberto Marques - Florianópolis, SC, 2014.  
291 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Ensino de Ciências/Química. 3. Imagens. 4. Elaboração Conceitual. 5. Professor/Pesquisador. I. Marques, Carlos Alberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA

**“A ELABORAÇÃO CONCEITUAL SOBRE REPRESENTAÇÕES  
DE PARTÍCULAS SUBMICROSCÓPICAS EM AULAS DE  
QUÍMICA DA EDUCAÇÃO BÁSICA: ASPECTOS PEDAGÓGICOS  
E EPISTEMOLÓGICOS”**

Tese submetida ao Colegiado do Curso  
de Doutorado em Educação Científica  
e Tecnológica em cumprimento parcial  
para a obtenção do título de Doutor  
em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 07 de março de 2014

Carlos Alberto Marques (Orientador - PPGET/UFSC)

Joana de Jesus Andrade (Examinadora - FFCLRP/USP)

Lenir Basso Zanon (Examinadora - DCVida/UNIJUÍ)

Henrique César da Silva (Examinador - CED/UFSC)

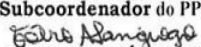
Rejane Maria Ghisolfi da Silva (Examinadora - CED/UFSC)

Fábio Peres Gonçalves (Suplente - CFM/UFSC)

José André Peres Angotti (Suplente - CED/UFSC)

  
Frederico Firmino de Souza Cruz

Subcoordenador do PPGET

  
FÁBIO ANDRÉ SÂNGIOGO

Florianópolis, Santa Catarina, 2014



## ***AGRADECIMENTOS***

Aos anjos (com ou sem asas) e às forças divinas que me guiaram e fortaleceram nos momentos de dificuldades, dúvidas, alegrias, erros e acertos.

À minha amada família, por proporcionar tudo que mais precisei: amor, apoio e dedicação.

Ao amigo e orientador Carlos Alberto Marques (Bebeto) que, além da agilidade e leitura atenta dos textos, apostou em mim, incentivou e contribuiu substancialmente para que eu atingisse os objetivos de crescimento pessoal e profissional.

À querida amiga Lenir Zanon que fez parte das etapas iniciais da minha formação (bolsista no Gipec/Unijuí, licenciando e mestrando), sempre acolhedora, alegre e crítica.

Aos bolsistas, voluntários e professores do GIPEC, pela amizade permanente, incentivo, momentos de discussão e conversas descontraídas, especialmente ao Maldaner, Cris, Sandra's, Raquel, Suzete, Simoni e às irmãs de coração, Laís e Jaque.

Aos membros do GIEQ: Fran's, Renata, Leo, Leila, Bárbara, Gustavo, Carol, Fábio, Santiago e Zampiron pelo convívio nas reuniões, amizade e conversas.

Aos meus queridos amigos, colegas e professores do PPGECT, pelo compartilhamento de conhecimentos, de angústias e de alegrias (em aulas, corredores, seminários, Iega), em especial, Brunão, Manuel, Everaldo, Karine, Sandra, Leandro, Marcelo, Mônica, Grazi, Vera, Marilisa, Kaiana, Elizandro (e Aline), João (meu fã), Pati (e Chico), Luis, Lúcio, Demétrio, Fred, Pinho, Su, Sylvia e outros que permanecerão comigo e deixarão saudades.

Aos meus queridos alunos da licenciatura em Química da UFSC e da UFPel. Foi ótimo estar e (re)aprender com vocês! Que tenham força para lutar por uma educação de melhor qualidade, não deixem de acreditar e sonhar.

Aos professores Joana de Jesus de Andrade, Lenir Basso Zanon, Henrique César da Silva, Rejane Maria Ghisolfi da Silva, José André Peres Angotti e Fábio Peres Gonçalves pela leitura atenta da tese e às suas valiosas contribuições em contextos diversos, especialmente nas Bancas de Qualificação e/ou Defesa Final.

A todos os professores da escola e estudantes das turmas do 1º e 2º participantes da pesquisa, pelos aprendizados, disponibilidade e confiança.

Ao CNPq e à FAPESC, pelo período de bolsa, e ao PPGECT/UFSC, pelo apoio institucional.

A Aniara, por tudo que passamos juntos, pelo amor, carinho, compreensão, alegrias, angústias e pelo compartilhamento de vida, de conhecimento, de ideais e de sonhos.

A todos aqueles que acreditaram e torceram por mim!

*Muito obrigado!*

*“A viagem não acaba nunca. Só os viajantes acabam. E mesmo estes podem prolongar-se em memória, em lembrança, em narrativa. Quando o viajante se sentou na areia da praia e disse: ‘Não há mais que ver’, sabia que não era assim. O fim duma viagem é apenas o começo doutra. É preciso ver o que não foi visto, ver outra vez o que se viu já, ver na Primavera o que se vira no Verão, ver de dia o que se viu de noite, com sol onde primeiramente a chuva caía, ver a seara verde, o fruto maduro, a pedra que mudou de lugar, a sombra que aqui não estava. É preciso voltar aos passos que foram dados, para os repetir, e para traçar caminhos novos ao lado deles. É preciso recomeçar a viagem. Sempre.”*

José Saramago





## Resumo

A pesquisa fundamentada na abordagem histórico-cultural e na perspectiva epistemológica do realismo crítico buscou entender como ocorre a elaboração conceitual sobre representações de partículas submicroscópicas que permeiam atividades planejadas e desenvolvidas no contexto de aulas de Química do ensino médio, discutindo implicações pedagógicas e epistemológicas aos processos de ensino e de aprendizagem de conhecimentos escolares. O percurso metodológico envolveu: a explicitação das concepções pedagógicas e epistemológicas pelo professor/pesquisador; o planejamento e o desenvolvimento de um módulo de ensino sobre a temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos” em duas turmas do ensino médio, de uma escola pública de Florianópolis, acompanhado de questionários; o planejamento e realização de entrevistas semiestruturadas com grupos de estudantes. Ao fundamentar-se na análise microgenética e na análise textual discursiva, emergiram três categorias associadas com a elaboração conceitual de imagens representativas de partículas submicroscópicas: a não transparência de imagens; os obstáculos e as potencialidades; a elaboração conceitual. As categorias foram discutidas à luz dos aportes teóricos de referência, destacando-se os resultados: a compreensão de que a explicitação prévia de concepções pedagógicas e epistemológicas não garante, por si só, uma prática docente realizada pelo professor/pesquisador que seja coerente com as mesmas, embora estas orientem as suas ações e reflexões sobre a prática desenvolvida, permitindo (re)ver, (re)planejar e analisar limites ou potencialidades sobre as interlocuções desenvolvidas em sala; a percepção de que a multiplicidade de sentidos oriundos de diferentes modos de ver, pensar e agir de estudantes e professor são constitutivos e influenciam os processos de elaboração conceitual; a não transparência (ou não unidirecionalidade) dos sentidos envolvidos no discurso ou na interpretação de imagens usadas em situações de ensino por estudantes ou professor; a capacidade dos estudantes estabelecerem explicações às novas situações, ainda que com dificuldades e/ou deturpações conceituais às explicações; a compreensão de que a verbalização do professor ou estudantes no uso do formalismo químico não reflete, obrigatoriamente, no seu aprendizado; a força reprodutiva e criativa das imagens na elaboração de explicações em diferentes situações e contextos; a recorrência ao realismo ingênuo sobre as representações de partículas submicroscópicas, mesmo havendo discussões, por exemplo, sobre modelo e representação e escalas; a necessidade de inserção e

negociação de sentidos atribuídos aos conceitos, textos ou imagens à elaboração conceitual coerente com a Ciência; e a existência de limites sobre afirmações referentes à elaboração conceitual por parte dos estudantes, afinal, não se tem acesso à totalidade das relações, nexos conceituais ou ações estabelecidas pelos sujeitos, embora se tenha acesso a falas, escritos, desenhos, gestos, ações e expressões faciais que possibilitam dizer algo sobre os seus indícios de elaboração. Esses resultados implicam, por exemplo, na importância de reflexões sobre a prática do professor, como a compreensão sobre a (trans)formação permanente dos sujeitos (do professor e dos estudantes) e, portanto, que as práticas educativas carecem de problematizações sobre as diferentes formas da linguagem química, por consequência dos limites, dos obstáculos e das potencialidades conceituais sobre representações de partículas submicroscópicas.

**Palavras-chave:** Ensino de Ciências/Química. Imagens. Representações de Partículas Submicroscópicas. Elaboração Conceitual. Abordagem Histórico-Cultural. Professor/Pesquisador.

## ***ABSTRACT***

This research is based on historic-cultural approach and on the epistemological perspective of critical realism which aimed to understand how the conceptual elaboration is done when it concerns to the submicroscopic particles that underlie planned and developed activities in the context of High School Chemistry classes, discussing pedagogical and epistemological implications to the school processes of teaching and learning. The methodological path followed: the exploitation of pedagogical and epistemological conceptions by the teacher/researcher; planning and developing a teaching unit about the theme “Air Pollution: the air we breathe” in two High School classes, from a public school in Florianópolis, accompanied by questionnaires; and the planning and implementing of semi-structured interviews with student groups. By funding itself on the microgenetic analysis and on the discursive textual analysis, three categories emerged associated with the conceptual elaboration of representative images of submicroscopic particles: the images not transparent; the obstacles and the potentialities; and the conceptual elaboration. The categories were discussed under the light of the theoretic references, highlighting the following results: the comprehension that the previous epistemological and pedagogical exploitation does not guarantee, by itself, a coherent teaching practice conducted by the teacher/researcher, albeit those ones guide the actions and reflections about the developed practice, allowing to (re)view, to (re)plan and to analyze limits or potentialities about the interlocutions applied in classes; the perception that the multiplicity of meanings arising from different kinds of viewing, thinking and acting of students and teacher are constitutive and influence the processes of conceptual elaboration; the non transparency (or non unidirectionality) of meanings involved in the discourse or in the interpretation of images used in teaching situations either by students or professor; the students ability to establish explications to new situations, even with difficulties and/or conceptual deviations to the explanations; the comprehension that the teacher’s or students’ verbalization by using chemical formalism does not infer, mandatorily, in its learning; the reproductive and creative strength of the images in the elaboration of explications in different situations and contexts; the appeal to the naïve realism about the representation of submicroscopic particles, even with discussion, eg. about models and representations and scales; the need of negotiation and insertion of meanings attributed to concepts, texts or images to the

conceptual elaboration coherent with Science; and the existence of limits about statements concerning to conceptual elaboration by the students, after all, there is no access to the totality of either relations, conceptual nexuses or actions established by subjects, although there is access to the speaks, writings, draws, gestures, actions and facial expressions that allow to say something about their evidences of elaboration. These results imply, for example, in the importance of reflections about the teacher's practice, as the comprehension about the constant (trans)formation of the subjects (teacher and students) and, therefore, that the educative practices need problematizations of the different kinds of chemical language and thus, limits, obstacles and potentialities conceptual about representation of submicroscopic particles.

**Keywords:** Science/Chemistry Teaching. Image. Representation of Submicroscopic Particles. Conceptual Elaboration. Historic-Cultural Approach. Teacher/Researcher.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Os três componentes básicos da “nova Química” adaptado de Johnstone (WARTHA; REZENDE, 2011, p. 278).....	32
Figura 2: Representação do terceiro elemento na relação entre sujeito e objeto do conhecimento, segundo Fleck (1986, 2010).....	51
Figura 3: Diferentes representações de modelos atômicos.....	55
Figura 4: Representação das porções de Ar (poluído e não poluído) elaboradas por um estudante. ....	180
Figura 5: Representações (A) de uma porção de Ar não poluído e (B) de uma porção de Ar poluído elaboradas pelo PP.....	229
Figura 6: Representações (de porções de Ar poluído e Ar não poluído) elaboradas por um aluno. ....	247
Figura 7: Questionário I respondido no primeiro dia de aula por um estudante.....	248



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Atividades desenvolvidas na turma do 1º ano do ensino médio.....	124
Quadro 2: Atividades desenvolvidas na turma do 2º ano do ensino médio.....	132
Quadro 3: Apresentação e descrição sintética das categorias emergentes da pesquisa .....	137





## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	21
2 REPRESENTAÇÕES DE PARTÍCULAS SUBMICROSCÓPICAS: PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AO ENSINO .....	31
2.1 Definições e discussões iniciais sobre representações de partículas submicroscópicas .....	31
2.2 Pressupostos epistemológicos e implicações ao ensino .....	41
2.3 As distintas posições epistemológicas para a compreensão da natureza da Ciência .....	44
2.4 A especificidade do conhecimento científico e das representações de entidades químicas: átomo como exemplo .....	54
3 PRESSUPOSTOS EDUCACIONAIS E PEDAGÓGICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AO ENSINO DE CIÊNCIAS/QUÍMICA .....	65
3.1 Instituições, agentes, instrumentos e suas funções no ensino de CNT .....	65
3.2 Os processos de ensino de Ciência/Química na elaboração conceitual .....	73
3.3 A constituição dos modos de ver, pensar e agir no ensino de Ciências/Química .....	81
4 ORGANIZAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA .....	95
4.1 Um olhar nas produções relacionadas ao tema de pesquisa .....	97
4.2 O Módulo de Ensino .....	99
4.3 Planejamentos de outros instrumentos .....	105
4.4 O corpus e os instrumentos de análise .....	107
4.5 A análise textual discursiva .....	108
4.6 A análise microgenética .....	110
4.7 A codificação dos dados do corpus .....	114
4.8 A análise do corpus e a comunicação de resultados .....	115

<b>5 O CONTEXTO E O DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....</b>	<b>119</b>
5.1 A descrição do cenário da pesquisa .....	119
5.2 As atividades desenvolvidas no ensino de Química .....	124
5.3 Aspectos da elaboração conceitual sobre representações de partículas submicroscópicas .....	137
<b>6 O PROCESSO DE ELABORAÇÃO CONCEITUAL SOBRE REPRESENTAÇÕES DE PARTÍCULAS SUBMICROSCÓPICAS</b>	<b>141</b>
6.1 A não transparência .....	142
6.1.1 A natureza da Ciência no ensino de Química .....	145
6.1.2 A percepção da não transparência em situações do ensino de Química.....	160
6.1.3 As imagens elaboradas pelo Outro.....	173
6.2 Obstáculos e potencialidades .....	181
6.2.1 Obstáculos na aprendizagem sobre representações de partículas submicroscópicas.....	181
6.2.2 A força do obstáculo do realismo ingênuo.....	193
6.2.3 Reprodução e/ou reconstrução de imagens na interpretação de novas situações .....	200
6.2.4 A potencialidade e a importância das imagens .....	207
6.3 A elaboração conceitual.....	217
6.3.1 Simbologias, palavras e expressões químicas que circundam as representações de partículas submicroscópicas .....	218
6.3.2 A inter-intrassubjetividade na elaboração conceitual por meio de representações .....	235
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>257</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>265</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>281</b>
Anexo 01 – Certificado do comitê de ética em pesquisa com seres humanos .....	281

Apêndice I – Termo de consentimento informado .....	283
Apêndice II – Questionário I.....	285
Apêndice III – Questionário II: atividade sobre diferentes porções de Ar .....	286
Apêndice IV – Questionário III.....	287
Apêndice V – Atividade com tirinhas e produção de texto .....	290



## 1 INTRODUÇÃO

A sociedade é permeada de recursos imagéticos na TV, internet, folhetos, revistas, cinema, etc. Na escola e no ensino de Química, por exemplo, não é diferente. Neste século, o acesso a tecnologias de informação e comunicação tem propiciado o uso de recursos didáticos que podem envolver imagens fixas ou estáticas e, sobretudo, dinâmicas ou móveis (fotografias, esquemas, micrografias, animações, simulações) em abordagens de temáticas, conteúdos e conceitos na área de ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), tanto em livros didáticos quanto em salas de aula, ou seja, há um crescente uso dessa ferramenta de ensino. Logo, há a necessidade de se avançar nas reflexões sobre as condições com as quais professores e estudantes vivenciam e lidam com esses recursos didáticos em espaços de ensino e de formação docente, em especial, no que tange às novas tecnologias de informação e de comunicação na escola (GIORDAN, 2008; MOREIRA; KRAMER, 2007).

A apresentação dos livros de Química do ensino médio, por exemplo, passa a ter um maior incremento quanto ao uso de gráficos, ilustrações, desenhos, etc., principalmente, a partir de 1970, quando os livros parecem estar “mais preocupados com a forma de apresentação do conteúdo do que com o conteúdo propriamente dito” (MORTIMER, 1988, p. 36). Hoje, a exemplo do trabalho de Mortimer (1988), também podemos nos questionar até que ponto os recursos imagéticos qualificam o aprendizado dos estudantes.

Como exemplo da crescente ampliação do emprego de imagens nos próprios livros didáticos da área das CNT, pode-se citar as representações de partículas submicroscópicas, os esquemas, as fotografias e outras, nos quais é visível a diferença na apresentação visual e na abordagem utilizada ao longo dos diversos capítulos. No entanto, Silva et al. (2006, p. 219) destacam que as “pesquisas têm mostrado que a leitura de imagens precisa ser ensinada”, às quais o professor exerce um papel mediador fundamental, seja na sua respectiva significação conceitual ou na interpretação de uma imagem de livro didático, de um programa educacional, de um artigo de revista, de um texto disponibilizado na internet, de uma imagem em alguma reportagem da TV ou jornal, etc. Corroborar-se a concepção de Silva et al. (2006, p. 220, com base em outros autores citados) que “as imagens são pouco exploradas em sala de aula, o que leva a inferir que boa parte dos professores considera que as imagens falem por si ou ‘transmitem’ um único sentido”, acarretando dificuldades nas elaborações conceituais

ou obstáculos epistemológicos na apropriação do conhecimento ensinado na escola.

Nesta pesquisa, a atenção volta-se à análise de um módulo de ensino - por nós organizado e desenvolvido - que envolve o emprego (uso e interpretação) de representações de partículas submicroscópicas em abordagens de estudo de um Tema (ou temática) na disciplina de Química, no ensino médio de uma escola pública. O interesse na abordagem do assunto “representação de partículas submicroscópicas” decorre, antes mesmo da compreensão recém-exposta, de estudos desenvolvidos durante a atuação como licenciando em Química e bolsista de iniciação científica em subprojetos de pesquisa, no Gipec-Unijuí<sup>1</sup>. Nesse Grupo de pesquisa, planejam-se e analisam-se *módulos de interação* entre licenciandos, professores da educação básica e professores da universidade em aulas de componentes curriculares dos cursos de Ciências Biológicas e Química de uma Universidade (ZANON, 2003). As interações têm como objetivo avançar na compreensão do ensino de conteúdos relacionados com situações vivenciais (a exemplo da respiração, colesterol “bom e ruim”, produtos de higiene, sensações visuais, acidificações dos oceanos e outros), mediante inserção dialética de conhecimentos científicos/químicos (ZANON; HAMES; SANGIOGO, 2008). Em vários *módulos* desenvolvidos foram usadas representações de partículas submicroscópicas nas explicações de situações vivenciais, com relatos de professores da escola sobre dificuldades associadas ao ensino e aprendizado de representações, permitindo evidenciar a importância de abordagens e discussões sobre tais representações no ensino e na formação para o ensino de CNT.

Tal problemática fomentou o estudo desenvolvido no mestrado (SANGIOGO, 2010), em que foram analisados livros didáticos de Biologia e Química do ensino médio, evidenciando-se que imagens referentes a representações de partículas submicroscópicas já constituem o currículo escolar, permeando abordagens e explicações de diversos assuntos, fatos/fenômenos, conceitos e conteúdos da área das CNT. Foram também planejados, desenvolvidos e analisados *módulos de interação* em aulas dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas e Química, com discussões sobre aspectos relacionados a mobilizações de

---

<sup>1</sup> Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Gipec-Unijuí).

*saberes docentes*<sup>2</sup> necessários ao ensino de conceitos e conteúdos que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas na área das CNT. Com base, especialmente, em Vigotski e Bachelard, resultados denotam entendimentos de que entidades químicas são representadas nos modelos explicativos, a exemplo de átomos, moléculas e supramoléculas que, muitas vezes, são compreendidos como transparentes, como fotografias ou micrografias da matéria (de átomos, substâncias), ou como simplificações que deturpam o conhecimento dos estudantes, e não como construções com fins de explicação e compreensão de fatos e fenômenos elaborados nas esferas culturais da Ciência ou da escola. Portanto, com base em Silva (2006), entende-se que as imagens têm função de representar ideias e conceitos, além de possuírem relação com objetos externos, da realidade, permitindo e constituindo construções de significados que permeiam a sociedade.

Os resultados da pesquisa apontaram para a relevância de compreender a importância, os limites e as potencialidades do emprego (uso e interpretação) de imagens que representam partículas submicroscópicas no âmbito da educação básica. Isto, de modo que os professores de CNT potencializem o ensino e aprendam a lidar com obstáculos que dificultam pensar coerentemente com pressupostos que permeiam a Ciência, a exemplo de visões dogmáticas de Ciência e de obstáculos pedagógicos e epistemológicos<sup>3</sup> que impedem os estudantes

---

<sup>2</sup> Compreende-se que é importante levar em conta que há uma multiplicidade de saberes docentes que integram o conhecimento profissional do professor. Tardif (2007) é um dos autores que identifica, define e discute os saberes da prática docente e propõe o estabelecimento de relações entre eles e a formação profissional dos professores que atuam ou atuarão em sala de aula. Segundo o autor (pp. 36-39), o professor constitui-se de uma pluralidade de saberes que provêm de diferentes fontes: os *saberes disciplinares*, correspondente aos diversos campos do conhecimento, tais como os da universidade, que se encontram na forma de disciplinas; os *saberes curriculares*, correspondentes aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos dos programas escolares; os *saberes oriundos da formação profissional*, correspondentes ao conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de formação de professores; e os *saberes experienciais*, correspondentes aos saberes que se incorporam da experiência prática individual e coletiva sob a forma de *habitus* e de habilidades, saber-fazer e saber-ser. É com base nessa perspectiva que se usa a expressão *saberes docentes*.

<sup>3</sup> Embora Bachelard (1996) diferencie obstáculo epistemológico de obstáculo pedagógico, nesta pesquisa será usada a expressão “obstáculo epistemológico”

de terem acesso a significados conceituais que direcionam o pensamento a compreensões de nível submicroscópico. Essa compreensão demanda a mobilização de saberes docentes diversificados às dificuldades e às potencialidades no uso da linguagem que compõem as representações de partículas submicroscópicas no processo de ensino e aprendizagem de CNT.

Alguns questionamentos decorrentes do processo de formação (como estudante e professor) vêm mobilizando a origem e o percurso da pesquisa de tese e contribuem para melhor conhecer o tema da pesquisa, como: o que é a Ciência/Química e como se desenvolve o conhecimento científico? Com que realidade se trabalha em Química e no ensino de Química? Como ensinar um conhecimento que exige abstrações que ultrapassam percepções dos sentidos (visão, audição, olfato, paladar e tato)? Em que as discussões epistemológicas e pedagógicas contribuem para o professor planejar e desenvolver suas aulas? Como lidar com a linguagem do conhecimento científico na educação básica?

Essas e outras questões circundam conhecimentos e práticas construídos neste trabalho. Muitas das respostas às questões serão discutidas. No entanto, centra-se na busca de respostas às questões de pesquisa que serão posteriormente apresentadas, orientando-se na literatura e em módulos de ensino desenvolvidos na escola, com o objetivo de desenvolver a elaboração conceitual de pensamentos e linguagens específicos às aulas de Química e, em especial, as representações de partículas submicroscópicas envolvidos na resolução de situações ou problemas vivenciais.

Cientes da importância de maiores compreensões sobre a especificidade da linguagem envolvida em processos de ensino e de aprendizagem de Ciências/Química (MACHADO, 2004; MORTIMER, 2000; ANDREOLLA, 2003; SILVA, et al., 2006; SILVA, N., 2009; REGO, S., 2011), esta pesquisa avança em pressupostos que ressaltam a importância da mobilização de determinados saberes docentes no ensino que envolve representações de partículas submicroscópicas (SANGIOGO, 2010). No mestrado, focou-se na formação docente, em

---

também para os obstáculos relacionados ao entender porque o aluno não aprende. Isso se deve à visão de que, em sala de aula, analogamente ao que ocorre no processo de construção do conhecimento científico, os estudantes se deparam com obstáculos que são decorrentes da compreensão equivocada da Ciência e sobre a Ciência que é recontextualizada para o contexto escolar e que envolvem os processos de (re)construção de conhecimentos escolares (LOPES, 1999).



saberes importantes de serem mobilizados no ensino de conceitos que envolvem o uso de tais representações e, portanto, não foram construídos registros em aulas de Química do ensino médio. Nesta pesquisa, centra-se nos processos de ensino e de aprendizagem desenvolvidos na educação básica, em aulas de Química, ao trabalhar com a temática denominada “Poluição do Ar: o Ar que respiramos”.

Assim, esta pesquisa visa analisar os processos de ensino e de aprendizagem no contexto escolar, a exemplo de compreensões sobre limites, potencialidades e obstáculos relacionados ao ensino de conteúdos/conceitos, que envolvem o emprego de imagens representativas de partículas submicroscópicas. Busca-se avançar na compreensão sobre os processos de elaboração conceitual<sup>4</sup> por parte dos estudantes, de modo a possibilitar uma melhor percepção sobre o que é representado, ante aos desafios associados à apropriação dos modelos teóricos das CNT que possibilitam novos olhares e ações *sobre e na* realidade.

Com base no exposto, nossa **questão de pesquisa** se expressa em: como ocorre a elaboração conceitual de representações de partículas submicroscópicas de sujeitos envolvidos em um módulo de ensino planejado e implementado em aulas de Química do ensino médio?

E as **questões associadas**:

1 – Ao considerar que as concepções pedagógicas e epistemológicas expressas nesta pesquisa implicam no planejamento escolar, como as imagens representativas de partículas submicroscópicas são empregadas

---

<sup>4</sup> Com base principalmente na abordagem histórico-cultural de Vigotski, as expressões ‘elaboração conceitual’ e ‘significação conceitual’ são entendidas num processo de apropriação e ressignificação de signos, sentidos e significados decorrentes dos contextos intersubjetivos analisados – a elaboração pode ser num sentido coerente, ou não, ao conhecimento científico. Ou seja, preocupa-se com o processo de elaboração e/ou de (re)elaboração de conceitos e conhecimentos que estão imbricados no processo de problematização e de conhecimentos sobre a temática em estudo, que exigem linguagens e pensamentos em nível submicroscópico. Os conceitos são compreendidos numa visão dinâmica, suscetível de novas elaborações ou (re)construções, em mobilidade: “o conceito não leva uma vida isolada, não é uma formação fossilizada e imutável, mas sempre se encontra no processo mais ou menos vivo e mais ou menos complexo de pensamento, sempre exerce alguma função de comunicar, assimilar, entender e resolver algum problema.” (VIGOTSKI, 2001, p. 154).

pelos sujeitos (professor/pesquisador<sup>5</sup> e estudantes) e como integram os processos de enfrentamento de problemas e (re)construção de conhecimentos escolares?

2 - Os estudantes interpretam aspectos conceituais e expressam capacidades de abstração e generalização ao interpretar situações que envolvem representações de partículas submicroscópicas após as interações ocorridas nas aulas de Química do ensino médio? Como?

A pesquisa tem o **objetivo geral** de apresentar e analisar implicações pedagógicas e epistemológicas relacionadas com a mediação de imagens representativas de partículas submicroscópicas no processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos escolares de uma temática desenvolvida no ensino médio de uma escola pública de Florianópolis.

Como **objetivos específicos** da pesquisa, destacam-se:

- Realizar estudos, discussões e avançar em entendimentos na área de CNT, em Educação Química, particularmente sobre aspectos pedagógicos e epistemológicos que contribuam com discussões sobre a constituição de linguagens e pensamentos que envolvem o emprego de imagens representativas de partículas submicroscópicas no contexto escolar;
- Identificar e discutir saberes docentes mobilizados no processo de ensino quanto à mediação, apropriação e (re)construção de conhecimentos escolares relacionados a imagens representativas de partículas submicroscópicas que contribuem no enfrentamento de problemas, com atenção ao modo como participam e influenciam no desenvolvimento da capacidade dos sujeitos para (re)criar e expressar explicações;
- Identificar limites e potencialidades de recursos didáticos usados nos processos interativos que objetivam a significação conceitual e o acesso aos conhecimentos escolares por parte de estudantes do ensino médio.

A base teórica da pesquisa se fundamenta principalmente em Vigotski e Bachelard<sup>6</sup>, visto que o estabelecimento de relações entre

---

<sup>5</sup> O professor é também o pesquisador e autor desta pesquisa. O termo é utilizado com base em Maldaner (2003), descrito no percurso metodológico da pesquisa.

<sup>6</sup> Informações sobre a biografia de Bachelard e Vigotski estão sintetizadas na tese de Andrade (2008). A autora trabalha algumas de suas categorias, a exemplo dos *obstáculos epistemológico* e *rupturas* de Bachelard e as noções de *significação e elaboração conceitual* de Vigotski, além de estabelecer relações e divergências entre os autores, cujo interesse volta-se na compreensão do

ambos denota relevância em construções de práticas de ensino de CNT (ANDRADE; SMOLKA, 2009) e por possibilitarem avanços e reflexões relacionados ao ensino e formação para o ensino de conceitos e conteúdos que envolvem representações de estruturas submicroscópicas (SANGIOGO, 2010). Além desses autores, os referenciais freirianos, fleckianos e bakhtinianos também embasam a formação do professor/pesquisador que planejou e desenvolveu a proposta de ensino, assim como o olhar projetado para a análise dos dados, possibilitando traçar respostas às questões de pesquisa: Freire contribui na concepção educacional, com a percepção de escola, ensino e relação entre estudantes e professores; Fleck (1986, 2010), na compreensão da circulação de conhecimentos e práticas específicos ao ensino de CNT, além de reforçar e ampliar compreensões sobre a Ciência e o trabalho científico; e Bakhtin (1997, 2006), na dinâmica discursiva das diferentes vozes que permeiam a sala de aula.

Os autores auxiliam na compreensão dos processos inter e intrassubjetivos, ao estudo de como se elaboram conhecimentos e práticas, pensamentos e linguagens específicos, como as que envolvem o ensino de Química e, conseqüentemente, as representações de partículas submicroscópicas. Segundo um estudo sobre trabalhos apresentados no eixo temático “Linguagem, cultura e cognição” do *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, nos anos 2005, 2007 e 2009, Bakhtin é o referencial mais adotado para os estudos da linguagem, seguido por Vigotski (NICOLLI; OLIVEIRA; CASSIANI, 2011). Mortimer (2000, p. 33), com base em distintos autores, entende que “a linguagem é o mais importante instrumento social que o professor e os alunos utilizam para estruturarem o desenvolvimento das ideias”. Portanto, a linguagem visual, aliada a outros meios de linguagem, carece de reflexões no âmbito escolar.

Os referenciais apresentados têm potencialidade para maiores e melhores compreensões relativas aos processos de elaboração conceitual ao ensino por meio de temáticas ou conceitos escolares que abarcam o uso e interpretação de imagens representativas de partículas submicroscópicas. Portanto, a pesquisa visa levantar discussões e avançar em entendimentos sobre implicações de cunho pedagógico e epistemológico no ensino de CNT, na área de Educação Química, em compreensões sobre o processo de circulação intercoletiva de esferas culturais ou recontextualização do conhecimento científico ensinado em

---

desenvolvimento humano, com considerações sobre o processo de ensino e de aprendizagem.

aula de Química. Nesse processo, o ensino também demanda do enfrentamento de problemas, gênese da produção de conhecimentos (FREIRE, 2005; VIGOTSKI, 2001; GEHLEN, 2009).

Assim, a proposição e a relevância da pesquisa justificam-se pelo seu modo de proceder e perceber as interações, e pela sua relevância quanto ao estabelecimento de reflexões e aprofundamentos de contribuições sobre aspectos que envolvem linguagens e pensamentos relacionados ao emprego de representações de partículas submicroscópicas no âmbito da educação básica, no estudo de uma temática planejada e analisada pelo professor/pesquisador.

Parte-se do pressuposto de que quando o professor desenvolve “adequados” processos de mediação didática (de ensino) ao empregar imagens representativas de partículas submicroscópicas, estas podem ser instrumentos potencializadores de aprendizagens mais significativas aos estudantes, na área das CNT. Mobilizações de saberes docentes sobre modelo e imagens representativas de partículas submicroscópicas podem contribuir para que os estudantes entendam sobre sua importância na Ciência e no ensino de Ciências/Química, com percepções sobre a não transparência de imagens e a especificidade da linguagem química, bem como na superação de obstáculos ao acesso de conhecimentos científicos ensinados na escola (BACHELARD, 1996) ou ao conhecimento sobre a Ciência, ao que constitui o trabalho científico (GIL PÉREZ et al., 2001).

Os estudantes também podem compreender os limites e as potencialidades do que está sendo representado nas imagens. Estas podem instigar a capacidade de memória, análise (abstração) e síntese (generalização), que são algumas das características do desenvolvimento das funções psicológicas superiores necessárias ao desenvolvimento humano-social (VIGOTSKI, 2001, 2007, 2009). Por fim, que tais mobilizações possam propiciar o desenvolvimento de linguagens e pensamentos capazes de construir e reconstruir modelos de explicação que, em coerência com as CNT, auxiliam na interpretação e ação sobre fatos e fenômenos que permeiam a vida dos estudantes. Entretanto, assim como as imagens podem tornar-se obstáculos ao pensamento abstrato e coerente com as Ciências (BACHELARD, 1996; LOPES, 2007), a simples verbalização de signos e sentidos coerentes com a Ciência estudada na escola, muitas vezes, indica apenas o início do processo de significação conceitual (VIGOTSKI, 2001). Esses pressupostos alertam para a relevância de interações com o ‘outro mais experiente’, a exemplo do professor que é um dos agentes mediadores dos significados conceituais de palavras expressas nas aulas, os quais

são permanentemente apropriados, negociados, recriados e ampliados, nas interações históricas e sociais (VIGOTSKI, 2001; BAKHTIN, 2009; MALDANER, 2003; ZANON, 2003).

Após uma breve apresentação das discussões decorrentes de reflexões desenvolvidas na formação docente e da explicitação do objeto em estudo, a saber, as representações de partículas submicroscópicas no processo de ensino e aprendizagem de Química/Ciências (na escola básica), segue a descrição organizativa dos demais capítulos da pesquisa.

Após situar o objeto de pesquisa no item 2.1 (Capítulo 2), com o intuito de inserir o leitor em discussões e relações epistemológicas e educacionais que embasam (teórica e metodologicamente) o estudo da temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos” em aulas de Química em uma escola pública, optou-se em concentrar as reflexões de caráter epistemológico no Capítulo 2 e as discussões de caráter pedagógico no Capítulo 3. Com isso não se quer negar a relevância de discussões de caráter sociológico, antropológico, afetivo, etc., que também permeiam e enriquecem compreensões sobre a elaboração conceitual que envolve o emprego de representações de partículas submicroscópicas. No entanto, julga-se que a epistemologia e a pedagogia (não dicotomizadas entre si, mas relacionadas entre si e com demais campos do saber, como a psicologia, a linguagem e a sociologia) carecem de uma atenção especial.

O Capítulo 2 tem base, principalmente, na teoria do conhecimento de Hessen sobre a possibilidade, a gênese e a essência do conhecimento e na análise epistemológica fundamentada em Bachelard e Fleck. Ao longo dele, desenvolvem-se reflexões sobre a Ciência e sobre representações de partículas submicroscópicas empregadas na Ciência e no Ensino de Ciências, a exemplo de representações de modelos atômicos que permeiam as aulas de Química, e discorre-se sobre a possibilidade de conhecer a realidade, a origem do conhecimento e a relação entre conhecimento e a realidade. Compreende-se que ao ter maior clareza sobre os pressupostos epistemológicos que envolvem a Ciência, os profissionais de ensino de Ciências podem: superar visões deformadas do trabalho científico (GIL PÉREZ et al., 2001); evitar obstáculos epistemológicos e potencializar a elaboração de conhecimentos científicos escolares de estudantes (BACHELARD, 1996; LOPES, 2007); e compreender melhor aqueles aspectos que constituem linguagens e pensamentos relacionados ao conhecimento teórico-conceitual que, por sua vez, contribui no emprego

(uso e interpretação) de representações de partículas submicroscópicas (VIGOTSKI, 2001, MORTIMER, 2000).

O Capítulo 3, com base principalmente na perspectiva histórico-cultural, aborda os aspectos educacionais defendidos, como a função: da escola, do ensino de Química, do professor e dos estudantes que estão envolvidos no espaço escolar. Argumenta-se sobre a relevância do desenvolvimento de interações de qualidade que potencializem o processo de ensino e de aprendizagem dos estudantes, sobre a importância do professor, do estudo de uma temática, da problematização, dos processos de (re)significação do conhecimento químico relacionado à vida dos mesmos. Inicialmente, há uma maior preocupação em discutir sobre a cultura, o modo como se constitui o pensamento humano e o processo de construção e desenvolvimento do pensamento e da linguagem humana, embasando-se principalmente em Freire, Vigotski, Bakhtin e Bachelard. Fleck contribui com a percepção da não transparência da linguagem, a especificidade da linguagem química e a circulação intercoletiva de conhecimentos e práticas, tais como os que envolvem o ensino de Química: um pensamento em nível submicroscópico.

Após expressar as principais concepções epistemológicas e educacionais defendidas, apresenta-se, no Capítulo 4, o percurso metodológico da pesquisa desenvolvida pelo professor/pesquisador: a revisão da literatura - seleção dos textos (artigos, teses e dissertações) para análise; o planejamento do módulo de ensino sobre a temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos”; o planejamento de questionários e entrevistas/reuniões; e o modo como se procedeu à categorização dos dados, à organização e à análise das interlocuções dos sujeitos (aulas, reuniões, questionários), fundamentadas na análise microgenética (WERTSCH, 1988; GÓES, 2000) e na análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Os Capítulos 5 e 6 apresentam resultados da pesquisa ao trazerem narrativas, recortes e discussões que têm por base o *corpus* de análise (aulas desenvolvidas, reuniões/entrevistas, questionários, textos da revisão), na busca de respostas às questões anteriormente expressas. No Capítulo 5, busca-se apresentar, mesmo que brevemente, a escola, as turmas de alunos, as sequências de atividades desenvolvidas e a descrição sintética das categorias emergentes da pesquisa. No Capítulo 6, ao fazer a análise do processo de ensino realizado em sala de aula, discorre-se sobre as categorias emergentes, faz-se a comunicação dos resultados de pesquisa que visam atender aos objetivos e às questões de pesquisa anteriormente explicitadas.

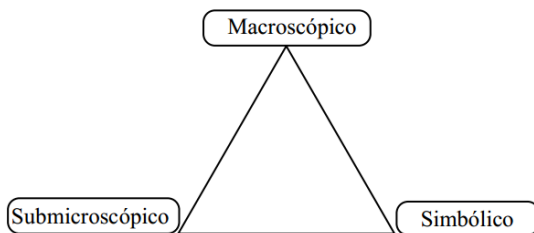
## **2 REPRESENTAÇÕES DE PARTÍCULAS SUBMICROSCÓPICAS: PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AO ENSINO**

Com o objetivo de situar o leitor em relação ao objeto de pesquisa em questão, explicitam-se discussões que buscam entender os conceitos de modelo e representação de partículas submicroscópicas usados em Ciências/Química. Ou seja, apresentam-se elementos iniciais que se julgam importantes para que se possa melhor compreender o assunto e para que haja um maior diálogo com os termos, argumentos e discussões selecionados para compor as reflexões deste trabalho. Aprofundamentos sobre aspectos epistemológicos e educacionais que permeiam tais representações serão discutidos nos próximos itens deste capítulo e no Capítulo 3.

### **2.1 Definições e discussões iniciais sobre representações de partículas submicroscópicas**

Um dos trabalhos que apresenta um panorama das pesquisas em Educação Química que tratam da questão da representação do conhecimento químico é de Wartha e Rezende (2011), que ressaltam a recente reflexão na literatura da área (com pouco mais de 30 anos) envolvendo os distintos níveis de representação do conhecimento químico. Os autores destacam o artigo intitulado “Macro and micro-chemistry”, na autoria de Johnstone (1982), que propôs um modelo que ressalta três níveis de representação do conhecimento químico.

O modelo de Johnstone (1982, 1993) é amplamente referenciado na área de Educação Química, pois articula: o nível macroscópico (os fenômenos, o que é perceptível aos sentidos); o nível submicroscópico (o teórico, base em modelos atômico-moleculares); e o nível simbólico (o representacional, equações químicas). O modelo sofreu algumas alterações pelo próprio Johnstone, ainda que os níveis pudessem ser representados no triângulo da Figura 1.



**Figura 1: Os três componentes básicos da “nova Química” adaptado de Johnstone (WARTHA; REZENDE, 2011, p. 278).**

Johnstone e trabalhos atuais como os de Mortimer, Machado e Romanelli (2000) e de Machado (2004) e de Wartha e Rezende (2011) argumentam que grande parte das dificuldades da aprendizagem em Química decorre do fato de que o processo de ensino e aprendizagem centra-se em um dos vértices do triângulo, o que dificulta a articulação do conhecimento com as simbologias específicas da química, com a linguagem de nível atômico-molecular ou com situações vivenciadas no cotidiano.

De modo semelhante ao expresso por Johnstone, Mortimer, Machado e Romanelli (2000, p. 277), ao apresentar os fundamentos e pressupostos ao ensino de Química, destacam a também a inter-relação entre *fenomenológico*, *teórico* e *representacional*, como aspectos constituintes do conhecimento químico. Quanto ao fenomenológico, situações vivenciais (fatos/fenômenos) podem ser estudadas no contexto escolar, embora a compreensão química sobre estas demande processos de mediação que incluem o uso de linguagens (palavras e representações) específicas ao campo teórico da comunidade científica, envolvendo, portanto, teorias/modelos explicativos que demandam conhecimentos que vão além daqueles produzidos na experiência cotidiana dos estudantes.

As compreensões expostas permitem inferir que as imagens representativas de partículas submicroscópicas não podem ser compreendidas de forma descolada dos demais aspectos que constituem o conhecimento químico, de modo que conhecimentos escolares não fiquem presos a um dos vértices do triângulo (fenomenológico, teórico ou representacional).

Na Ciência/Química é comum o uso de representações, seja no âmbito da comunidade científica ou no âmbito da comunidade escolar, na explicação de algum fato ou fenômeno. Neste trabalho entende-se



que modelos explicativos (na Ciência ou ensino de Ciências) referentes a **imagens representativas de partículas submicroscópicas** correspondem a representações parciais de teorias/conceitos científicos (oriundos da relação entre sujeitos e objeto do conhecimento), pois elas nunca correspondem à totalidade da compreensão do modelo explicativo em questão (SANGIOGO, 2010; SANGIOGO; ZANON, 2012). Tais imagens são representações didáticas de ‘entidades’ químicas – como átomos, íons, partículas em interação intra e/ou intermolecular –, assumidas como objetos teóricos criados e aceitos social e historicamente pela comunidade científica, sem desconsiderar, no entanto, que tais construções são provenientes da relação de sujeitos com um objeto, situação ou fenômeno. As imagens representativas de partículas submicroscópicas têm como finalidade pedagógica explicar fatos e fenômenos mediante compreensões teóricas em nível submicroscópico. Diferentemente de imagens em fotografias ou micrografias, elas são representações de ‘entidades’ que não podem ser visualizadas, tal como representadas, nem mesmo por meio de microscópios de alta resolução, como sugerem as palavras “modelo” e “representação”. Trata-se, pois, de tentativas de representação, nunca como relação de correspondência direta com a realidade, nem como compreensão científica em sua totalidade: mesmo as “imagens” de dimensões atômicas, produzidas por microscópios eletrônicos de tunelamento são processados pelo computador e, portanto, continuam distantes de uma visão óptica e sensorialista (GIORDAN, 2008).

Na Química, o termo submicroscópico é utilizado para partículas que não são visíveis pelo uso de microscópios ópticos. Micro vem da expressão  $\mu$ , que representa  $10^{-6}$  metros (m). Quando se fala em átomos, moléculas e supramoléculas<sup>7</sup> é preciso pensar na dimensão dos

---

<sup>7</sup>Os sistemas supramoleculares – grupos de duas ou mais moléculas que interagem de maneira específica para formar um agregado organizado – podem ser menores que algumas das moléculas isoladas com que trabalham os químicos orgânicos. Enquanto as moléculas consistem em uma única rede contínua de átomos ligados por ligações covalentes, as “supramoléculas”, no sentido estrito (exato), são geralmente constituídas por íons ou moléculas individuais, unidas umas às outras por ligações mais fracas, que geram uma unidade discreta com uma estrutura e dinâmica bem-definidas, a exemplo de membranas celulares e colóides. As forças que mantêm esses sistemas moleculares unidos não são ligações covalentes ou iônicas fortes, mas interações mais fracas, como as interações intermoleculares (ligações de hidrogênio, coordenação de íons metálicos, interações hidrofóbicas e hidrofílicas). (LEHN; BALL, 2004).

nanômetros ( $10^{-9}$  metros). Segundo Silva, Viana e Mohallen (2009, p. 173), “o tamanho nanométrico é uma medida da ordem de grandeza entre  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$  m”, e é nessa escala que as aulas de Química concentram muitas das discussões. Na Física, os termos ‘partículas elementares’ ou somente ‘partículas’ são utilizados, especialmente, no estudo da mecânica quântica (átomos e subpartículas), ainda que não haja, no ensino médio, grande preocupação em pensar em termos de interações químicas que constituem as moléculas ou supramoléculas. Na Biologia, percebe-se forte relação com representações de partículas submicroscópicas, especialmente no estudo das estruturas e interações entre átomos e moléculas, como no campo da bioquímica. Tais compreensões são importantes para evitar confusões, entre professores ou estudantes, nas disciplinas da área das CNT, além de potencializar conexões interdisciplinares em aulas da educação básica.

Justi (2003) defende a visão de que os modelos (e, por consequência, suas representações) desempenham um importante papel no ensino, apontando pesquisas indicadoras de que “o conhecimento do conteúdo, o conhecimento curricular e o conhecimento pedagógico do conteúdo de professores de Ciências na área de modelos e criação de modelos são geralmente incompletos ou inadequados” (p. 1). Ferreira (2006) e Souza (2007) têm apresentado contribuições para a área das CNT sobre modelos e a modelagem no processo de ensino e aprendizagem, embora tais discussões careçam de reflexões mais específicas referentes a imagens que representam partículas submicroscópicas em modelos explicativos usados no ensino de Química/Ciências, a exemplo de discussões que contemplam relações pedagógicas e epistemológicas envolvidas no realismo ingênuo.

Justi (2003) enfatiza a importância de destacar o caráter limitado sobre o que representam os modelos. De acordo com ela, embora existam diferentes definições para modelos, “certamente, não incluem ideias como ‘modelo é uma cópia de alguma coisa’, ‘modelo é um padrão a ser seguido’ ou ‘um modelo não pode ser modificado’, ideias que podem existir no contexto de utilização cotidiana dessa palavra” (p. 1). A autora também ressalta a problemática sobre a compreensão de modelos por futuros e atuais professores que “pensam em modelos como ‘reproduções’ ou ‘cópias’ de alguma coisa, enquanto outros admitem nunca ter parado para pensar nisso” (JUSTI, 2010, p. 210), o

---

que pode ser decorrente de uma ausência de reflexões epistemológicas na formação docente (SOUZA, K., 2007).

[Os] modelos podem ser considerados as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência. Além disso, o fato de modelos serem representações parciais significa que eles (i) não são a realidade; (ii) não são cópias da realidade e (iii) têm limitações. A importância desse elemento emerge da constatação (evidenciada em pesquisas e na realidade de muitas salas de aula) de que boa parte dos estudantes pensa, por exemplo, que o átomo “é” o que está desenhado no livro, que os desenhos de modelos atômicos nos livros são ampliações do átomo, ou que o modelo atômico mais recente é perfeito. (JUSTI, 2010, p. 211).

*representar* não se aplica somente a casos nos quais existe certa semelhança entre o modelo e o objeto, sistema ou ideia que é modelada. A ideia de representação aqui adotada implica que ela é parcial, que tanto ‘abstrai a partir de’ quanto ‘traduz em outra forma’ a natureza real do sistema ou ideia (Morrison; Morgan, 1999). (JUSTI, 2010, pp. 210).

Diferentemente da visão expressa por Justi, que concentra seus estudos na *modelagem* (que se refere ao processo de elaborar, expressar, testar e reformular modelos), nesta pesquisa o foco direciona-se ao emprego de representações de partículas submicroscópicas em aulas de Química do ensino médio.

Souza (2007), baseando-se em Gilbert, Boutler e Elmer (2000), entende que os modelos fazem parte de “instrumentos de mediação, experimentos, teorias e dados como um ingrediente essencial na prática da ciência” (p. 49). O autor afirma que “*modelos científicos* são frequentemente complexos e/ou expressos em formas de representações complexas (como, por exemplo, formulações matemáticas)”, diferentemente do que se ensina nas aulas de Ciências, em que se trabalha com “simplificações desses modelos”, os chamados “*modelos curriculares*” (p. 49). Tal compreensão permite a diferenciação entre os modelos científicos utilizados na Ciência e os modelos curriculares utilizados no ensino de Ciências.

Com base em Vigotski (2001), entende-se que qualquer modelo explicativo constitui e é constituído pelo pensamento, mediante a apropriação e uso de linguagens específicas, de *signos* que representam ou expressam objetos, eventos ou situações provenientes da cultura. Os signos agem como instrumentos da atividade psicológica, são ferramentas que auxiliam nos processos psicológicos e que têm a função de provocar mudanças nos objetos, controlar situações, lembrar, comparar coisas, relatar, escolher (VIGOTSKI, 2007; OLIVEIRA, 1993).

Corroborar-se a visão de Oliveira (1993, p. 30, com base em Vigotski, 2007), que

[os] signos podem ser definidos como elementos que representam ou expressam outros objetos, eventos, situações. A palavra mesa, por exemplo, é um signo que representa o objeto mesa; o símbolo 3 é um signo para a quantidade três; o desenho de uma cartola na porta de um sanitário é um signo que indica “aqui é o sanitário masculino”.

Os signos que compõem os modelos explicativos da Ciência são provenientes da relação dos sujeitos social e historicamente constituídos, com um objeto (teórico e/ou empírico) que se pretende conhecer.

Ao compreender que os modelos explicativos e suas representações se originam de relações dialéticas entre sujeito e objeto do conhecimento (HESSEN, 2003) e de determinados modos de ver, pensar e agir que constituem esses mesmos sujeitos e os objetos do conhecimento (FLECK, 1986, 2010): o homem carrega marcas do seu contexto social e cultural, mas que, no caso do ensino da ciência Química, torna-se necessário a apropriação de palavras e significados específicos, ou seja, pensamentos e discursos coerentes com teorias e abstrações aceitas e expressas por linguagens e conceitos (históricos) bastante específicos à área das CNT. Isso se faz necessário se a intenção é propiciar que os sujeitos tenham acesso e se apropriem de determinadas compreensões e explicações sobre o mundo que ultrapassam conhecimentos tácitos, oriundos do *sensu comum* ou da *experiência primeira* (BACHELARD, 1996). Portanto, imagens representativas de partículas submicroscópicas, muitas vezes usadas no contexto escolar, exigem processos de apropriação e (re)elaboração de linguagens e pensamentos específicos às culturas da comunidade científica e escolar, mediante processos assimétricos de interação entre estudantes e professores.

A percepção sobre a necessidade de discutir ferramentas visuais tem resultado em diversos trabalhos que se referenciam no estudo da *visualização* no Ensino de Ciências/Química, a exemplo de Gilbert (2007), Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008), Giordan (2008), Ferreira (2010), Teruya, et al. (2013), Ferreira e Arroio (2013); Vasconcelos e Arroio (2013) e outros.

O uso de visualizações no ensino está imerso em várias correntes teóricas que vão desde as teorias socioculturais a correntes de base internalista. De acordo com a teoria sociocultural de Vygotsky (1981), a visualização é, então, vista como uma ferramenta de mediação semiótica, em que sistemas de signos são constantemente utilizados para mediar processos sociais e o pensamento. Uma das contribuições mais arrojadas é que ele prevê que, no plano mental, existam *construtos* que exercem funções mediadoras das atividades, que ele chamou de ferramentas psicológicas. O conceito de ferramentas psicológicas em Vygotsky evoluiu ao longo de suas investigações e, à medida que ocorreram evoluções, foi dada ênfase à natureza significativa e comunicativa dos signos, constituindo uma interpretação *semioticamente orientada*. A ideia central da mediação é a de que o homem tem acesso ao mundo fundamentalmente de forma indireta ou mediada. Desse modo, nas relações entre o homem e o mundo, existem mediadores que atuam como ferramentas auxiliares da atividade humana. (FERREIRA; ARROIO, 2013, p. 199).

As representações de partículas submicroscópicas são instrumentos que auxiliam na compreensão e explicação de fenômenos e situações. Como ferramentas construídas e compartilhadas *em e por* um grupo específico de Químicos e Educadores Químicos, elas necessitam de mediação didática quanto à compreensão sobre sua natureza e as relações e nexos conceituais que podem ser atribuídos às mesmas.

A complexidade relacionada aos processos de recontextualização didática dos conhecimentos (e modelos) científicos, transformados em *conhecimentos escolares*<sup>8</sup>, impõe a necessidade de entendimentos sobre

---

<sup>8</sup> Com vistas a distinguir a natureza do conhecimento científico e escolar, compartilha-se a percepção de que “À comunidade científica cabe a construção do novo conhecimento, a busca pelo desconhecido, a retificação do já sabido. A

representações de partículas submicroscópicas, referendando a importância de estudos e reflexões sobre os mesmos em suas relações com o ensino, a aprendizagem e a formação docente. Afinal, tais representações fazem parte de formas variadas de compreensão e explicação de fatos e fenômenos existentes na cultura cotidiana, científica ou escolar, por constituírem, na linguagem, estruturas conceituais típicas às explicações oriundas do pensamento humano (que é social e historicamente constituído) e que visam melhor compreender e transformar a realidade (VIGOTSKI, 2001).

Andrade (2008), baseada em Vigotski, reflete sobre a atividade humana e a relação que se estabelece com as imagens:

Vigotski fala que toda atividade humana é caracterizada por dois impulsos, um reprodutor e outro criador. A reprodução das experiências de si e do outro funda um dos pólos de funcionamento das atividades humanas, o outro pólo depende do modo como o homem utiliza/combina aquilo que constrói como realidade. [...] O trabalho com imagens tem para Vigotski papel fundamental para a construção da experiência humana, já que abarca na possibilidade de encontrar no passado os elementos para a edificação do futuro, não como simples reprodução, mas sempre como novidade. (ANDRADE, 2008, p. 71)

Apesar do importante papel das imagens no processo de elaboração de conhecimentos, entende-se que as mesmas, quando não problematizadas e significadas junto ao ensino de CNT no contexto escolar, podem obstruir a edificação de relações conceituais ou o estabelecimento de novos conhecimentos, visto que carregam significados próprios à Ciência, diferente de elaborações conceituais construídas no contexto tácito, do cotidiano. Pode-se dizer que Vigotski remete para a importância do processo de “ensino” de imagens, como as que representam partículas submicroscópicas, ao defender a necessidade

---

comunidade escolar, ao contrário, trabalha com a aceitação prévia do conhecimento produzido em outras instâncias e tem por objetivo torná-lo ensinável, acessível ao nível de compreensão do estudante” (LOPES, 1997, p. 52). Assim, compreende-se a necessidade da promoção de movimentos dialéticos de “ir e vir”, de tensão e conflito, inerentes às relações entre conhecimentos cotidianos e conhecimentos científicos para a promoção de dinâmicos e sistemáticos processos de (re)construção de *conhecimentos escolares* (LOPES, 1997).

da mediação de signos que carregam significados próprios a um determinado grupo sociocultural, contribuindo no enfrentamento de problemas. Com base em autores como Bakhtin (2009), Fleck (2010) e Silva (2006), entende-se que as imagens representativas de partículas submicroscópicas não são transparentes quanto aos significados químicos, pois demandam a inserção de linguagens e pensamentos específicos (*sobre e de Ciências/Química*).

Tais entendimentos indicam a necessidade de melhores compreensões sobre as relações entre conhecimento, imagem e realidade, de modo a superar visões realistas ingênuas ou idealistas sobre imagens empregadas nas aulas de Ciências, pois “toda imagem é construção sobre a realidade, havendo, portanto, um distanciamento entre o objeto ‘dentro’ da imagem e o objeto real que ela representa” (SILVA, 2006, p. 71), ou melhor, da relação da imagem “com seu referente, seu objeto, de tal modo que elas foram vistas como mediações (às vezes apagadas) da relação homem-mundo, sujeito-realidade” (p. 77). Admite-se “que um único mundo físico existe independente” (CHALMERS, 1993, p. 54) dos observadores, mas que os mesmos, ao olhar para algo (quadro, máquina, *slide* de microscópio, etc.) “há um sentido no qual todos eles estão ‘diante de’, ‘olhando para’ e, assim, ‘vendo’ a mesma coisa. Mas não podemos concluir que eles tenham experiências perceptivas idênticas” (p. 54). Outro aspecto importante refere-se às tensões que permeiam os discursos, na escola. Professores e estudantes são constituídos por uma multiplicidade de vozes, por ideologias (produto de relações sociais), e ao se depararem com enunciados ou palavras específicas da Ciência, que também carregam valores ideológicos, há ressonâncias, resistências, negociações, conflitos e etc. que interferem no processo de ensino e aprendizagem (BAKHTIN, 2009).

As imagens referentes a representações de estruturas submicroscópicas, a exemplo das abordadas em aulas de Ciências/Química, tendem a ser associadas com conhecimentos e vivências anteriores. Elas não são transparentes a um sujeito que não está inserido no discurso científico. Portanto, podem acarretar obstáculos, visões simplistas e/ou deturpadas sobre a significação teórico-conceitual das ‘entidades’ representadas (em nível submicroscópico), ao invés de potencializar aprendizagens que desenvolvam compreensões e entendimentos de acordo com as CNT (BACHELARD, 1996; LOPES, 2007). Nesse sentido, mediar discussões sobre modelos e representações implica saber lidar com *obstáculos epistemológicos e pedagógicos* à apropriação do conhecimento

científico em sala de aula, a exemplo do *realismo*, em que as imagens são tidas como representações fidedignas da realidade (BACHELARD, 1996), e do *verbalismo*, em que as palavras são usadas no ensino sem preocupação em estruturar sentidos específicos. Afinal, muitas vezes, embora a palavra usada no contexto escolar seja a mesma do cotidiano, carrega significados distintos e próprios (BACHELARD, 1996; VIGOTSKI, 2001).

Por outro lado, a partir de uma análise epistemológica – sobre a possibilidade, a gênese e a essência do conhecimento, relativo à Ciência e suas representações de partículas submicroscópicas –, busca-se apresentar ferramentas teóricas para subsidiar profissionais da área de ensino de CNT, particularmente sobre representações que permeiam o contexto escolar e os meios de divulgação científica dessa área. Com isso, e fundamentados principalmente na abordagem histórico-cultural, almeja-se que esses profissionais possam: ficar vigilantes a visões sobre a Ciência, evitando obstáculos e potencializando o processo de ensino e aprendizagem do conhecimento científico escolar por parte dos estudantes, e compreender melhor os aspectos que constituem linguagens e pensamentos relacionados a representações de partículas submicroscópicas.

É nesse sentido que se considera necessário um aprofundamento teórico sobre o caráter epistemológico e pedagógico sobre como tais representações podem ser usadas e compreendidas pelos professores e/ou estudantes, sobre os processos de elaboração conceitual e os limites e as potencialidades no emprego de representações de partículas submicroscópicas em aulas de Química desenvolvidas na escola.

Dado que o modo como se ensina as Ciências tem a ver com o modo como se concebe a Ciência que se ensina, e o modo como se pensa que o Outro aprende o que se ensina (bem mais do que o domínio de métodos e técnicas de ensino), torna-se pertinente aprofundar aspectos tendo em vista a formação epistemológica dos professores bem como aspectos relativos à concepção de aprendizagem. É da nossa experiência como formadores de professores e como investigadores que tais vertentes da formação são tradicionalmente obstáculos para o entendimento de Ciência, de Educação em Ciência e de ensino das Ciências. (CACHAPUZ, PRAIA, JORGE, 2004, p. 378).



Para tanto, nos próximos itens deste capítulo<sup>9</sup>, explicitaremos os pressupostos teóricos que nos auxiliarão a compreender o objeto de pesquisa, expondo e fundamentando o caráter epistemológico do objeto em discussão. Posteriormente, serão apresentados os referenciais que trazem pressupostos educacionais, tendo como base principal a abordagem histórico-cultural (Capítulo 3). Tais referenciais sustentam a pesquisa, orientam o professor/pesquisador no planejamento do módulo de ensino e também parte do *corpus* em análise, seja de modo explícito ou implícito. Portanto, são importantes para que o leitor conheça pressupostos que ajudam a validar os argumentos defendidos ao longo do trabalho, em coerência com a *análise microgenética* e, em especial, a *análise textual discursiva* (MORAES; GALLIAZZI, 2011), explicitada no Capítulo 4.

## 2.2 Pressupostos epistemológicos e implicações ao ensino

O objetivo dos itens subsequentes é trazer discussões teórico-reflexivas sobre a natureza do conhecimento científico, em especial sobre as imagens representativas de partículas submicroscópicas como um tipo de linguagem utilizada na compreensão e interpretação de fatos/fenômenos que permeiam, principalmente, o ensino das Ciências/Química.

Parte-se do pressuposto da importância das reflexões epistemológicas sobre a relação entre conhecimento e realidade, entre sujeito e objeto cognoscente no tocante ao conhecimento produzido e aquele a ser ensinado. Tal aspecto, todavia, foi pouco explorado em estudos anteriores (SANGIOGO, 2010) nos quais se problematizaram as representações de partículas submicroscópicas em aspecto pedagógico do ensino de CNT. Nesse sentido, para uma melhor compreensão acerca de tais representações (que são um dos mais importantes instrumentos linguísticos que compõem a Ciência e o ensino de CNT), tomamos algumas categorias e reflexões sobre a natureza do conhecimento

---

<sup>9</sup> Uma versão, posteriormente, ampliada e revisada foi publicada nos Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VIII ENPEC e I Encuentro Iberoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias – I EIPEC, que se realizou entre 05 a 09 de dezembro de 2011, em Campinas/SP, cujo título é “Compreensões sobre Representações de Estruturas Submicroscópicas à luz da Epistemologia de Hessen e Bachelard”, na autoria de Fábio André Sangiogo e Carlos Alberto Marques.

desenvolvidas por Hessen (2003), Bachelard (1978a, 1978b, 1983, 1996) e Fleck (1986, 2010). O primeiro por discutir sobre distintas posturas (visão ou concepção) filosóficas ou epistemológicas que demarcam: a *possibilidade*, a *origem (ou gênese)* e a *essência do conhecimento*. O segundo pelos aspectos que permeiam o conhecimento científico e suas representações, a partir de escritos sobre a *recorrência histórica* e o *racionalismo aplicado* relacionados à perspectiva da produção do conhecimento. E o terceiro ao ampliar a perspectiva da compreensão do conhecimento como uma construção histórica e social, ao incluir um terceiro fator - o estilo de pensamento (EP) – para fazer a mediação entre sujeito e objeto do conhecimento, além de ampliar a discussão sobre a disseminação de conhecimentos e práticas (DELIZOICOV, 2007).

Uma das implicações decorrentes da relevância de se considerar aspectos da natureza da Ciência no ensino de Química deve-se à compreensão de que “o reconhecimento dos limites de cada teoria, de cada modelo, de cada avanço, é fundamental para se construir uma cultura sobre ciência contextualizada na cultura científica deste final de século [XX].” (MORTIMER, 2000, p. 118).

Por conseguinte, tanto o processo de produção do conhecimento científico quanto o conhecimento escolar (que se trata do conhecimento ensinado e apreendido no contexto da escola) são objetos de reflexões por parte de distintos pesquisadores da área de Ensino de Ciências, a exemplo das pesquisas que consideram aspectos de estudos sobre história e filosofia das Ciências (LOPES, 1999; MALDANER, 2003; MORTIMER, 2000; EL-HANI, 2007; PEDUZZI, 2007). Com base em Lopes (1999, 2007), entende-se que reflexões sobre tais campos do conhecimento são importantes na compreensão e na interpretação de fatos/fenômenos, pois cada vez se tornam mais perceptíveis algumas das implicações, na sociedade, do conhecimento produzido, seja por parte da comunidade científica ou da comunidade escolar.

O avanço do conhecimento científico e tecnológico tem se tornado cada vez mais visível, transformando o cotidiano da sociedade, a exemplo da medicina que avança ao desenvolver tratamentos cada vez mais especializados e das tecnologias de comunicação e de armazenamento de dados. No cenário da educação em CNT, apesar de tímidas, são perceptíveis também algumas mudanças na abordagem didática desenvolvida em sala de aula, como as propostas de ensino por Temas, as diferentes metodologias de ensino, as abordagens mais contextualizadas e interdisciplinares envolvendo a ciência, tecnologia e sociedade, tais como propõem as Orientações Curriculares Nacionais

para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Nesse cenário é importante que tais mudanças sejam merecedoras de contínuas reflexões, para as quais o olhar epistemológico (que não exclui o conhecimento pedagógico e específico do conhecimento científico/químico) é fundamental, visto que os reflexos de como se compreende o processo de produção do conhecimento científico influenciam, direta ou indiretamente, as visões de ciência e/ou de ensino de CNT (MALDANER, 2003; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004). Visões que, nas relações intersubjetivas da sala de aula, constituem a produção do conhecimento escolar por parte dos estudantes, além da produção de *saberes docentes* diversificados por professores (TARDIF, 2007). Logo, reflexões de caráter epistemológico são essenciais na formação de professores (e de pesquisadores) da área, de modo a possibilitar melhorias na visão de seus modelos teóricos e no ensino de CNT (GIL PÉREZ et al., 2001; MALDANER, 2003).

Uma forma de linguagem que pode funcionar como ferramenta para melhor compreensão de modelos teóricos são as imagens representativas de entidades químicas (de partículas submicroscópicas). Atualmente, o avanço da tecnologia tem possibilitado um reforço nessas representações, aprimorando os significados dessa linguagem imagética, a exemplo dos microscópios de força atômica, em que “a imagem é gerada pela interação entre a ponta de prova de um microscópio de força atômica e a molécula” que está sendo “observada” e “as medições dessas interações são interpretadas pelo software do microscópio, que produz uma imagem do relevo da molécula”<sup>10</sup>. Já no cenário da educação em CNT, as imagens representativas de entidades químicas também permeiam, cada vez mais, as explicações desenvolvidas no contexto escolar, como as mudanças na abordagem de conteúdos/conceitos ao longo dos capítulos de livros didáticos da área das CNT, com um crescente aumento do uso de representações de entidades químicas, esquemas, fotografias e outras que alteram suas formas de apresentação visual.

Ainda que se considere que as reflexões sobre as imagens representativas de entidades químicas se inscrevam no processo de produção do conhecimento científico, as discussões focalizam-se nas imagens porque elas consistem numa forma de expressão da linguagem que integra e constitui importantes funções na Ciência e no ensino de

---

<sup>10</sup>Redação do Site Inovação Tecnológica. Molécula individual é "fotografada" pela primeira vez. 28/08/2009. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=molecula-individual-fotografada&id=010165090828>>. Acesso: 17/09/2010.

CNT, de modo a ajudar nas explicações que envolvem o nível submicroscópico, a exemplo de propriedades e transformações químicas, modelos atômicos, substâncias, membranas celulares, micelas, enzimas e etc.

Conforme já explicitado no item anterior, com base em Vigotski (2001), entende-se que tais representações se constituem mediante o pensamento, pelo uso de simbologias específicas, de *signos* provenientes da cultura, especialmente a científica e a escolar; sem desconsiderar, no entanto, que tais construções são provenientes da relação com sujeitos (social e histórico, possuidores de um EP) e um objeto que se pretende conhecer. Nesse sentido, tais imagens são oriundas da relação dialética entre os sujeitos e o objeto do conhecimento, com o homem carregando marcas do seu contexto social, cultural e historicamente situado. Algo que, se usado em situações de representação de entidades químicas na escola, induz à importância da apropriação de palavras e sentidos específicos da ciência Química, ou seja, coerente com pensamentos e abstrações aceitas e expressas por linguagens e conceitos (históricos) bastante específicos. Obviamente, isso deve ser feito se se considera necessário propiciar, aos sujeitos da aprendizagem, o acesso a compreensões e explicações sobre o mundo, superando conhecimentos oriundos da *experiência primeira* (BACHELARD, 1996), por processos dialógicos de ensino (FREIRE, 2001), por meio da consciência das *complicações*, ao compreender que seus conhecimentos não são suficientes para a resolução de um determinado problema (FLECK, 2010).

### **2.3 As distintas posições epistemológicas para a compreensão da natureza da Ciência**

Antes de apresentar discussões mais pontuais sobre as representações e seu ensino é importante refletir sobre a natureza do conhecimento científico.

Cientes dos limites apontados por Chalmers (1993) de que compreensões sobre a natureza da Ciência podem ser ampliadas e transformadas, ao discutir sobre distintas categorias epistemológicas e modos de produção e de validação de um campo científico, pois “não existe um conceito universal e atemporal de ciência ou do método científico” (p. 215), ela tem uma história, sujeitos e contextos específicos. A seguir, apresentam-se posturas epistemológicas (HESSEN, 2003) julgadas coerentes de acordo com visões sobre a

natureza da Ciência defendidas na atualidade. Isso se deve à compreensão de que a visão gnosiológica (e pode-se dizer, do conhecimento científico) que possuímos, depende de posturas epistemológicas que adotamos/temos (MALDANER, 2003; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004).

Apesar de entender que as posturas epistemológicas possam variar no discurso de um sujeito, por desconhecer ou não refletir sobre as distintas categorias da *Teoria do Conhecimento* (HESSEN, 2003), pretende-se enfatizar a necessidade de buscar uma coerência com posturas consideradas e entendidas como as mais adequadas para a compreensão da natureza do conhecimento científico, do conhecimento escolar e das representações de partículas submicroscópicas. Logo, professores ou estudantes, com distintas compreensões sobre um determinado objeto que se conhece ou quer ser (melhor) conhecido, podem ter distintos entendimentos sobre o objeto do conhecimento.

Como as representações de entidades químicas possuem significados específicos e implícitos ao discurso cotidiano, torna-se fundamental que haja certo discernimento sobre posturas epistemológicas que orientam o desenvolvimento de reflexões que visam melhor entendê-las e/ou ensiná-las. Ou seja, apresentam-se distintas possibilidades de interpretar as representações que podem subsidiar professores na leitura das mesmas (SILVA et al., 2006), tendo em vista os obstáculos epistemológicos associados às imagens (BACHELARD, 1996), as limitações e as potencialidades ao aprendizado escolar (SANGIOGO, 2010).

Hessen (2003) situa o seu trabalho no campo da filosofia ao explicar que uma das disciplinas da filosofia chama-se *teoria do conhecimento científico* ou *teoria da ciência* e que esta se refere a reflexões “sobre o comportamento teórico, sobre aquilo que chamamos de ciência” (p. 12). A *teoria da ciência* pode ser decomposta em teoria formal (a lógica) e doutrina material da ciência (a teoria do conhecimento). Enquanto a primeira pergunta sobre a “correção formal do pensamento, sobre sua concordância consigo mesmo, com suas próprias formas e leis”, a segunda “pergunta sobre a verdade do pensamento, sobre sua concordância com o objeto” (p. 13). Ele trabalha com a segunda, a teoria do conhecimento, que se refere a “uma interpretação e uma explicação filosófica do conhecimento humano” (p. 19), na qual muitos epistemólogos se sustentam para traçar considerações a respeito da produção do conhecimento científico. Essa teoria foi dividida em seu livro entre *teoria geral do conhecimento* e *teoria especial do conhecimento*. A *teoria geral* investiga a relação do

pensamento com o objeto em geral, e a *teoria especial* “toma como objeto de uma investigação crítica os axiomas e conceitos fundamentais em que se exprime a referência de nosso pensamento aos objetos” (p. 14).

Este capítulo apresenta e reflete sobre algumas das categorias usadas pelo autor sobre a *teoria geral do conhecimento*. Cabe ressaltar que seus escritos não se referem exclusivamente ao conhecimento científico, mas ao conhecimento de um modo geral. Nesse sentido é que ganha relevância a questão das posturas epistemológicas, tais como as descritas por Hessen (2003), cuja análise é somada a algumas categorias de Bachelard e Fleck que ajudam a entender sobre a especificidade do conhecimento científico e sua disseminação para (ou entre) outros grupos sociais, para além do científico.

Hessen (2003) caracteriza e conceitualiza distintos modos de conceber a teoria do conhecimento. Quanto à *possibilidade do conhecimento*, fazem-se as perguntas: “será o sujeito realmente capaz de apreender o objeto?” (p. 27), é possível conhecer? Ele apresenta cinco categorias que representam distintas posturas epistemológicas frente às perguntas, traçando aspectos em comum, articulando-as, fazendo críticas e trazendo autores adeptos às teorias relacionadas ao modo como se compreendem as relações sujeito e objeto, razão e experiência, quais sejam:

- no *dogmatismo* “o problema do conhecimento não chega a ser levantado (...). É auto-evidente que o sujeito apreende seu objeto, que a consciência cognoscente apreende aquilo que está diante dela” (p. 29) e que o conhecimento não é entendido numa relação entre sujeito e objeto. Logo, o conhecimento produzido sobre o objeto é inquestionável e, portanto, sendo desnecessária a pergunta se é possível conhecer;

- no *ceticismo* “o sujeito não seria capaz de apreender o objeto. O conhecimento como apreensão efetiva do objeto seria (...) impossível. Por isso, não podemos fazer juízo algum; ao contrário, devemos nos abster de toda e qualquer formulação de juízos” (p. 31). Logo, não seria possível conhecer o objeto;

- no *subjetivismo* e no *relativismo* “a verdade certamente existe, mas é limitada em sua validade. Não há verdade alguma universalmente válida” (p. 36). O primeiro “restringe a validade da verdade ao sujeito que conhece e que julga” (p. 36) e o segundo fala da “dependência que o conhecimento humano tem de fatores externos” em distintos grupos culturais, ao dizer “toda verdade é relativa, tem validade restrita” (p. 37). Ou seja, a verdade depende do âmbito cultural de cada um e não faz

sentido compará-las para “definir” qual verdade é mais adequada e qual explica melhor o objeto que se pretende conhecer;

- no *pragmatismo* o homem é concebido como um sujeito prático, dotado de vontade, ativo, do querer e do agir na realidade e não um sujeito pensante, teórico capaz de investigar e conhecer (p. 40); portanto, o conhecimento progride apenas se tiver funções práticas que o motivam; e

- no *criticismo*, que seria uma posição intermediária entre o ceticismo e dogmatismo, parte-se “do pressuposto de que o conhecimento é possível”, para entrar num “exame crítico das bases do conhecimento humano, dos seus pressupostos e condições mais gerais” (HESSEN, 2003, p. 45). Nessa perspectiva, o conhecimento é entendido com um processo social, histórico e cultural, sempre inacabado e incompleto, sujeito a (re)construções permanentes, nas interações sociais.

Na pesquisa, corroborada por Hessen (2003), o modelo considerado mais razoável é o criticismo, que entende ser possível conhecer (apreender o objeto) por aproximações sucessivas da realidade. Um exemplo que denota boa compreensão sobre tal posição é o conceito de átomo, que evolui, com mudanças e rupturas, ao longo da história, elementos ao seu quadro teórico, que inicialmente era uma “bolinha” indivisível. Nesse sentido, as representações de entidades químicas, como as do átomo, também são suscetíveis a modificações, a rupturas e à incorporação de novos elementos explicativos, como pode ser percebida nas imagens de distintas representações de modelos atômicos.

O conhecimento enquanto possibilidade de aproximação com o real, portanto, passível de modificações, encontra nas ideias de Bachelard importante sustentação. O autor confronta as formas de absolutismo de toda ordem, desbancando “qualquer concepção que defenda que a inteligência humana tenha uma estrutura pronta e definitiva. [...] o pensamento científico contemporâneo é um pensamento aberto, feito de uma razão aberta, que se reestrutura a cada movimento” (SILVA, 2007, p.51), um “pensamento em mobilidade, mais do que isso, em evolução” (p. 52). Ou seja, as ciências não buscam o “real absoluto e definitivo” (p.55), mas tentativas de “aproximações sucessivas do real” (p. 55), visão que está em sintonia com a perspectiva do criticismo. Bachelard (1978b, p. 172) tem a “preocupação de conservar aberto o corpo de explicação” (p. 172), defende que nosso *espírito científico* permaneça aberto e retificável, “dado que a ciência está sempre inacabada” (1978a, p. 3). Portanto, “os conceitos produzidos pelas ciências precisam ser constantemente retrabalhados” (JAPIASSU, 1976, p.12).

Nos escritos de Bachelard, mais importante que as respostas são as perguntas. As respostas configuram a ilusão do espírito científico, mediante obstáculos, os quais, em algum momento, precisam ser superados. O erro faz parte do processo. Afinal, na ciência da contemporaneidade vive-se na inquietação, criam-se e recriam-se objetos, técnicas e procedimentos de pesquisa que possibilitam *as aproximações sucessivas do real* (na dialética entre razão e experiência). Com base em Bachelard, pode-se dizer que não existem “verdades primeiras, apenas os primeiros erros: a[s] verdade[s] est[ão] sempre a devir” (LOPES, 2007, pp. 34-35). Nesse sentido, compreende-se que os modelos teóricos e representações estão à mercê de modificações oriundas de novos problemas de pesquisa que permitem agregar e produzir novos conhecimentos.

Em sintonia com tal perspectiva sobre conhecimento e realidade, Fleck (2010) e Freire (2001) compreendem que a realidade existe independente de se pensar que ela exista (concepção ontológica), mas o conhecimento sobre ela se encontra no futuro: decorre de processos permanentes de (re)construções. “A cada nova descoberta, surge pelo menos *um* novo problema: a análise do objeto conhecido como tal. Assim, o número dos problemas a serem resolvidos se torna infinito, e a designação ‘tudo’ perde o sentido” (FLECK, 2010, p. 95), pois há sucessivas aproximações e transformações sobre o que se conhece.

Freire (2001) destaca o caráter social do conhecimento, pois para ele, o sujeito atua, pensa e fala sobre a realidade, que deriva da “mediação entre ele e outros homens, que também atuam, pensam e falam” (p. 66). Entretanto, é através dos signos linguísticos, que possuem uma função gnosiológica, que ocorre a intersubjetividade. Esta, por sua vez, necessita da existência de um “quadro significativo comum” (FREIRE, 2001, p. 82) de sentidos, demanda “a compreensão dos signos significantes dos significados, por parte dos sujeitos interlocutores problematizados” (p. 82), o que se aplica ao Ensino ou à Ciência.

Ao analisar a *origem (ou gênese) do conhecimento*, Hessen pergunta: “a fonte e o fundamento do conhecimento humano é a razão ou a experiência?” (2003, p. 27). Ele apresenta quatro categorias com distintos posicionamentos, quais sejam:

- no *racionalismo* a verdadeira fonte e fundamento do conhecimento é o pensamento (a razão) que possui “necessidade lógica e validade universal” (p. 48). “Os conteúdos da experiência não fornecem nenhum indício que auxilie o sujeito pensante” (p. 53);



- no *empirismo* “a única fonte do conhecimento humano é a experiência” (p. 54). Todos os conceitos, “mesmo os mais universais e abstratos, provêm da experiência” (p. 55);
- no *intelectualismo* e no *apriorismo* há tentativa de articulação entre racionalismo e empirismo. O primeiro se aproxima mais do empirismo, pois “deriva o fator racional do fator empírico” em que todos os conceitos provêm da experiência (p. 63), enquanto o segundo se aproxima mais do racionalismo, pois deriva o fator racional do pensamento, da razão.

O autor faz um posicionamento crítico sobre as propostas apresentadas, inclinando-se a favor do apriorismo, ao afirmar “que nosso conhecimento das ciências reais contém *fatores a priori*” (p. 67) que provêm do pensamento, da razão, pois “o pensamento não se comporta receptiva e passivamente em face da experiência como no intelectualismo, mas espontânea e ativamente” (p. 63). O “*a priori*, aqui, não significa necessário para o pensamento, mas apenas possibilitador da experiência, vale dizer, possibilitador do conhecimento da realidade empírica (...)” (pp. 67-68). Para o autor “seria impossível, por exemplo, estabelecer leis gerais na ciência natural se não pressupuséssemos que reinam na natureza a regularidade, a ordem e a conexão” (p. 68); fenômenos (já previamente estudados) que possibilitam aos sujeitos cognoscentes as condições de melhor conhecer.

Corroborar-se, com base em Hessen, que a posição mais adequada é a que articula o pensamento e a experiência como fatores determinantes do conhecimento humano. Tal compreensão também é defendida por Bachelard e sua ideia do *racionalismo aplicado*, que ele considera a relação entre pensamento e experiência na produção do conhecimento científico e, conseqüentemente, para representações de modelos atômicos que derivam de fatores racionais e empíricos. Na Ciência não se observa os fenômenos diretamente da natureza, pois os “fenômenos” passam a ser “tecnicamente construídos” pelo uso da razão (BACHELARD, 1983, p. 17). A criação do objeto científico (teórico ou empírico), da linguagem específica, das técnicas, instrumentos e matematização proporcional à Ciência (re)construções permanentes das verdades, de modo a aproximar-se cada vez mais do conhecimento sobre a realidade (sobre o que se quer melhor conhecer), a exemplo da estrutura da matéria.

O racionalismo defendido por Bachelard (1978a, p. 5) faz “face à polêmica que se apóia no irracionalismo insondável do fenômeno para afirmar uma realidade”. Nessa perspectiva, Bulcão (1981, p. 18), com base em Bachelard, afirma que “o conhecimento não se faz nem do lado

do objeto, nem do lado do sujeito”, de modo que se desenvolve uma crítica do dualismo entre espírito e universo, pensamento e realidade, empírico e racional. Para a autora, Bachelard rejeita a distinção, “afirmando que a Ciência é uma construção, sendo o conhecimento fruto de racionalizações e técnicas”, que pretende não mais “expressar o real” ou a “verdade”, como se entendia ser a função da ciência por alguns filósofos positivistas, mas se pretende “atuar na realidade” (p. 18). Entretanto, tal processo de atuação não é livre de conceitos *a priori*, ou seja, a criação do objeto de conhecimento decorre de influências das relações estabelecidas historicamente, pelos contextos socioculturais.

Fleck também defende uma posição dialética frente à origem do conhecimento, visto que “sujeito e objeto estão integrados em uma relação historicamente situada” (MAIA, 2008, p. 17), superando uma visão estritamente racionalista/subjetiva (em que se entende que a verdadeira origem do conhecimento provém do pensamento); e empirista/objetiva (em que a verdadeira origem do conhecimento provém da experiência) e inclui um terceiro elemento: o estilo de pensamento (EP), “que faz a triangulação, ou, melhor dizendo, a mediação entre sujeito e objeto” do conhecimento (DELIZOICOV, 2007, p. 76), mediante conexões ativas e passivas entre sujeito e objeto (FLECK, 1986). Segundo Lorenzetti, os EPs:

são as pressuposições de acordo com um estilo sobre as quais o coletivo de pensamento constrói seu edifício teórico. [...] o estilo de pensamento é o direcionador no modo de pensar e de agir de um grupo de pesquisadores de uma determinada área do conhecimento.

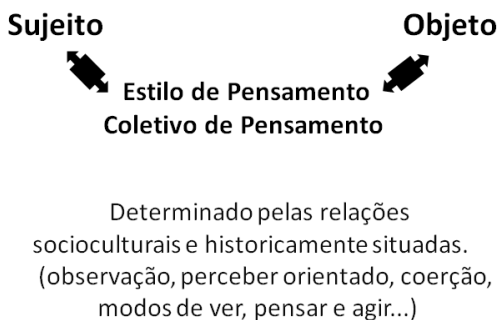
Para Fleck (1986), o estilo de pensamento consiste, como qualquer estilo, em uma determinada atitude e um tipo de execução que o consuma e cujas origens são as mediações sócio-históricas enfrentadas pelo coletivo ao interagir com dados da realidade. Essa atitude tem duas partes extremamente relacionadas entre si: disposição para um sentir seletivo e para a ação conseqüentemente dirigida. (LORENZETTI, 2008, p. 24)

A formação de um EP é resultante de interações recíprocas entre o sujeito cognocente, o objeto a conhecer (que se relaciona ao problema) e os fatores históricos e sociais que marcam o EP (FLECK, 1986, 2010);

Em Fleck, a observação é realizada por um sujeito historicamente situado e não espelha o objeto:

depende da percepção que esse sujeito possui do objeto. Depende de como o objeto afeta esse sujeito. Há uma mútua coerção. O sujeito-observador não é uma entidade neutra, o seu perceber é dependente de sua própria constituição como sujeito. O mesmo estilo de pensamento que o faz sujeito desse discurso, o sujeita a este estilo-discurso. Todo sujeito está localizado em um estilo, integrado e socializado em algum coletivo de pensamento. Cada cena observada é caracterizada diferentemente se o observador possui o “ver formativo” de uma ou outra especialidade, de um ou outro estilo. (MAIA, 2008, p. 16)

Para Fleck (2010), quando dizemos que “alguém conhece algo” significa que ele conhece “com base num determinado conhecimento”, ou melhor: ‘como membro de um determinado meio cultural’, ou ainda: ‘dentro de um determinado estilo de pensamento, dentro de um determinado coletivo de pensamento’” (p. 82) que interfere nos modos de ver, pensar e agir (Figura 2).



**Figura 2: Representação do terceiro elemento na relação entre sujeito e objeto do conhecimento, segundo Fleck (1986, 2010).**

Essa percepção supera a dicotomia entre racionalismo e empirismo, a relação direta entre sujeito e objeto, e inclui o terceiro elemento na dialética, pois o sujeito analisa o objeto que quer conhecer com base em constructos anteriores, resultantes de construções sociais e históricas, de relações intersíquicas (de distintos grupos: comunidade, escola, mídia, igreja, cientistas, etc.) que foram se internalizando e constituindo o intrapsíquico.

Já quanto à *essência do conhecimento*, Hessen (2003, p. 69) pergunta: o objeto ou o sujeito é “o fator determinante no conhecimento humano?”, o real existe ou tudo não passa de idealizações? Tais questionamentos buscam compreender se o conhecimento humano é derivado do pensamento ou da realidade. Para responder às perguntas, o autor expressa três soluções:

- as soluções *pré-metafísicas*, denominadas objetivistas e subjetivistas, que não estabelecem o caráter ontológico do objeto e do sujeito;
- as soluções *metafísicas* – realista, idealista e fenomenalista - que consideram a ontologia do sujeito e do objeto; e
- as soluções *teológicas* - *monista-panteísta* (que anula sujeito e objeto ao apresentá-los numa única unidade) e *dualista-teísta* (referente a um dualismo metafísico, descendente de um princípio comum, a divindade - para tentar solucionar o problema da relação entre sujeito e objeto).

Neste texto, focalizamos na descrição das *soluções metafísicas* (*idealista, realista e fenomenalista*), por compreendermos que elas possibilitam um melhor entendimento sobre o fator determinante do conhecimento, bem como sobre representações, como as do modelo atômico. Para o *idealista*, o objeto do conhecimento não é algo real, mas ideal, existente/criado na consciência humana, ou seja, a estrutura da matéria composta por átomos tem existência, apenas, na consciência humana, não tendo existência real.

As coisas não passam de conteúdos da consciência. Seu ser consiste em serem percebidas por mim, em serem conteúdos de minha consciência. Tão logo deixam de ser percebidas por mim, deixam também de existir. Não lhes cabe um ser independente de minha consciência. O que há de efetivo é unicamente minha consciência e seus conteúdos (...). O idealismo *objetivo* ou *lógico* é essencialmente diverso do subjetivo ou psicológico. Enquanto o idealismo subjetivo parte da consciência do sujeito individual, o idealismo objetivo toma como ponto de partida a consciência objetiva da ciência, tal como se expressa nas obras científicas. O conteúdo dessa consciência não é um complexo de processos psicológicos, mas uma soma de pensamentos, de juízos. Em outras palavras, não é algo psicológico e real, mas sim lógico e ideal - é um sistema de juízos. (HESSEN, 2003, pp. 81-82).

O *realista* compreende que há objetos reais independentes da consciência, do pensamento. Nessa postura, destaca-se a visão do *realista ingênuo* que compreende que as coisas são exatamente como se percebe e a visão do *realista crítico* que se apoia em reflexões crítico-epistêmicas, sendo que

nem todas as propriedades presentes nos conteúdos perceptivos convêm às coisas. Muito pelo contrário, as propriedades ou qualidades da coisa apreendidas por nós apenas por meio de *um* sentido, como cores, sons, odores, sabores, etc., existem apenas e tão-somente em nossa consciência. Elas surgem na medida em que certos estímulos externos atuam sobre nossos órgãos sensíveis. Tais propriedades representam, portanto, formas de reação de nossa consciência, que são naturalmente condicionadas em seu modo de ser pela organização de nossa consciência. (HESSEN, 2003, p. 74-75).

Para o *fenomenalista*, o fator determinante está entre os dois anteriores: existem coisas reais, mas não somos capazes de conhecer sua essência, “acompanha o realismo na suposição de coisas reais, mas acompanha o idealismo na limitação do conhecimento à realidade dada na consciência, ao mundo das aparências” (p. 86). No fenomenalismo,

lidamos sempre com o *mundo das aparências*, com o mundo que aparece com base na organização *a priori* da consciência, e nunca com as coisas em si mesmas. Em outras palavras, o mundo no qual eu vivo é modelado por minha consciência. Jamais serei capaz de saber como é o mundo em si mesmo, à parte de minha consciência e de suas formas *a priori*, pois tão logo tento conhecer as coisas, já lhes imponho as formas de minha consciência (HESSEN, 2003, p. 87, grifo do autor).

Nesse sentido, no fenomenalismo se considera que o átomo não pode ser conhecido em si mesmo, pois tão logo se tenta conhecê-lo, já lhes impõe as formas da consciência.

Quanto à essência do conhecimento, na sua solução metafísica, Hessen compreende ser impossível superar definitivamente o problema sujeito-objeto.

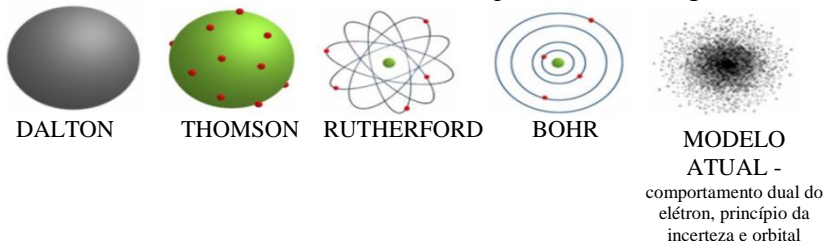
Ao analisar as três posições da essência do conhecimento, a postura do *realista crítico* parece ser a mais adequada, pois as

percepções derivam de objetos que existem fora de nós e, portanto, possuem uma realidade (uma ontologia). Logo, é possível conhecer a realidade por meio de construções humanas (na relação entre sujeitos e objetos). Nesta compreensão, supõe-se que existam objetos reais que atuam sobre diferentes sujeitos e que a realidade lhes provoca certas percepções. Cabe destacar também a compreensão de que quando pensamos em conhecimentos científicos, as percepções/construções sobre um fenômeno que é observado (objeto a conhecer) necessitam ser aceitas pelos seus pares e ser, de certo modo, coerentes com percepções decorrentes de teorias anteriores.

A posição *crítica* do realismo decorre da categoria da possibilidade do conhecimento que entende o conhecimento como aproximações sucessivas do real (HESSEN, 2003). Nesse sentido, as representações de entidades químicas derivam de interpretações de que o átomo, as moléculas e as interações químicas são construções humanas referentes ao real; que é possível conhecer a realidade e a estrutura atômica da matéria, ou seja, a realidade existe independente de dizer o que ela seja. Há também a compreensão de que tal existência ou conhecimento da realidade não representa uma verdade dogmática, mas questionável e suscetível de modificações. Trata-se de uma realidade que não pode ser compreendida sem o diálogo entre razão e experiência, entre sujeito e objeto do conhecimento, tal como nos remete a compreensão do racionalismo aplicado de Bachelard.

## 2.4 A especificidade do conhecimento científico e das representações de entidades químicas: átomo como exemplo

Ao tomar elementos ou entidades que fazem parte da cultura científica e escolar, a título de exemplificação quanto às categorias epistemológicas, analisam-se imagens representativas de modelos atômicos que constituem historicamente o cenário de produção do conhecimento científico e escolar, como as apresentadas na Figura 3:



### Figura 3: Diferentes representações de modelos atômicos<sup>11</sup>

Tais representações, sejam iguais ou semelhantes às apresentadas, permeiam distintos modos de compreender e explicar o modelo atômico, um dos conceitos centrais na ciência Química. Neste trabalho, a pesquisa teórico-reflexiva desenvolvida pode possibilitar aos professores da área das CNT novos entendimentos sobre a natureza do conhecimento científico e as mais diversas representações de nível submicroscópico que permeiam a área.

Na ciência, utilizam-se teorias, práticas e, muitas vezes, palavras próprias, sendo comum o uso de modelos explicativos de fatos e fenômenos cotidianos. Algumas explicações são permeadas por diversas representações parciais de algum modelo teórico, a exemplo da organização das moléculas de água em diferentes estados físicos ou as explicações envolvendo fenômenos químicos, tal como a respiração, digestão, etc. Os modelos teóricos da Ciência/Química envolvem pensamentos que ultrapassam os sentidos (visão, tato, etc.). Tais explicações demandam o uso de sistema conceitual complexo (construído social e historicamente) a partir de problemas sobre algo que se quer conhecer, ou seja, um “emaranhado” de relações conceituais que se interpenetram. Na Ciência/Química é comum a criação de palavras como átomo, ligação, íon e molécula para explicar determinados fenômenos, aceitos como válidos pela comunidade científica, para a interpretação/compreensão de fatos/fenômenos cotidianos ou produzidos em laboratório. Entretanto, tais modelos (e suas representações) não são a realidade.

O conhecimento produzido não é a realidade, muito embora possibilite interagir, transformar e compreendê-la. Nesse sentido, uma representação também não reflete de forma direta a realidade, ou seja, a representação do átomo atual não pode ser “fotografada” tal como está representada. Lopes (1996, p. 261), com base em Bachelard, diz que “o real científico se diferencia do real dado”, afinal, “o conhecimento comum lida com um mundo dado, constituído por fenômenos; o conhecimento científico trabalha em um mundo recomeçado, estruturado em uma fenomenotécnica” em que “é necessário o diálogo da razão com a experiência para estabelecer o processo de construção racional, mediado pela técnica” (*idem*, p. 261). O conhecimento

---

<sup>11</sup> Fonte: <http://estudandoalub.blogspot.com/2011/02/modelos-atomicos.html>, acesso em 31/10/2011.

científico produzido permite estudar o real dado, mas é preciso romper com o real dado para atingir o real científico.

Algumas das reflexões aqui desenvolvidas quanto à natureza da ciência também são comentadas por Silva (2007, p. 112):

Bachelard compreende a ciência a partir do princípio epistemológico, segundo o qual, o conhecimento científico jamais atinge uma verdade objetiva absoluta. A ciência é um movimento da razão que opera por aproximações sucessivas, isto é, produz sempre um conhecimento aproximado, provisório. A objetividade da ciência é o resultado de uma construção, de uma conquista e de uma retificação dos fatos da experiência pela razão. Segundo ele, não existe uma constatação pura. Toda constatação já supõe a construção; toda prática científica engaja pressupostos teóricos e, como dissemos, progride por retificações, isto é, pela integração das críticas (recorrências), destruindo a imagem das primeiras observações: ‘o sentido do vetor epistemológico parece-nos bem nítido. Vai seguramente do racional ao real’ (1978, p. 72).

Bachelard, segundo Silva (2007), propõe um racionalismo, mas “trata-se de um ‘racionalismo aplicado’, que se atualiza na ação polêmica incessante da razão” (p. 112). “A experiência não mais constitui ponto de partida, nem mesmo é simples guia, ela é alvo” (BACHELARD, 1983, p. 66). Assim, na Ciência, a construção do conhecimento científico vai para além do simples racionalismo ou empirismo: “trata-se de uma profunda dialética, de um racional que se aplica e de uma aplicação que se racionaliza” (SILVA, 2007, p. 163). Com base na razão, criam-se e recriam-se instrumentos, técnicas e conhecimentos científicos. “É dessa maneira que Bachelard formula a definição de ciência, como um ‘racionalismo aplicado’, capaz de uma extensão e especialização crescentes” (*idem*, p. 164).

Com base em Lopes (1999), entende-se que “a ciência não descreve, ela produz fenômenos, com o instrumento mediador dos fenômenos sendo construído por um duplo processo instrumental e teórico” (p. 41). Tal compreensão ajuda a entender o campo de produção de conhecimentos científicos: que o objeto a conhecer está em inter-relação indissociável com o uso da razão, ideias ou modelos criados pela atividade humana. No entanto, para que haja produção de conhecimento,



há necessidade que se tenha uma pergunta, para então, produzir respostas sobre o objeto que se pretende melhor conhecer. “O pensamento não produz realidades: o real é sempre anterior ao pensamento e esse pensamento produz sempre uma teoria sobre o real” (LOPES, 1999, p. 47).

Ao analisar sob o ponto de vista histórico o desenvolvimento do conceito de átomo, torna-se perceptível sua evolução teórica e, conseqüentemente, a evolução de sua representação, como se verifica nas imagens apresentadas. Nesse sentido é plausível a compreensão de que o conhecimento científico sobre o átomo se encontra em processo de reconstrução - coerente com a posição criticista quanto à possibilidade do conhecimento. Afinal, o conceito de átomo, aceito como verdadeiro no passado (modelo de Dalton, Thomson, etc.), é diferente do conceito de átomo que se conhece hoje. Logo é possível que “amanhã” o modelo do átomo e sua representação sejam diferentes.

Ao perguntar se é possível conhecer a estrutura atômica, a teoria do conhecimento de Hessen (2003) possibilita a compreensão da possibilidade de haver distintas respostas, visto que elas decorrem das posturas epistemológicas adotadas: para o dogmático, tal questão nem seria realizada, pois não haveria dúvida sobre o conhecimento apreendido sobre o átomo; para o cético, o conhecimento sobre o objeto seria impossível de ser alcançado/apreendido, ou seja, o conhecimento sobre o átomo não seria possível; para o subjetivista também não, visto que cada indivíduo sustenta suas verdades sobre o átomo; para o relativista também não seria possível conhecer, visto que a verdade depende de cada grupo de pesquisa, ou seja, ela pode existir para o sujeito que está inserido num grupo, mas a verdade desse grupo é tão verdadeira quanto a do outro e, portanto, diferentes conhecimentos sobre o átomo seriam aceitos e válidos; e para o crítico é possível conhecer a estrutura atômica, mesmo que se esteja sempre à procura de melhor conhecer tal estrutura.

Ao entender o criticismo como postura epistemológica mais adequada, defende-se que seja possível conhecer a estrutura atômica da matéria, que o modelo atual é o mais adequado. Entretanto, tem-se a compreensão de que o conhecimento se trata de uma representação parcial não neutra de pressupostos que constituem os cientistas, visto que há componentes do sujeito-individual e coletivo oriundos das relações sócio-histórico-culturais, decorrentes de processos de interação dialética (mediados pelo 3º elemento, o EP) entre sujeito e objeto do conhecimento. Entende-se que há objetos a serem conhecidos(!). A “Ciência é pródiga ao nos mostrar que o investigador usa e cria

modelos, e é com eles que, na essência, trabalhamos, são eles que possuímos, no sentido da dualidade construção-realidade imersa numa ‘visão de mundo’, para investigar o problema formulado” (DELIZOICOV, 1991, pp. 112-113). Ao entender que o conhecimento deriva de construções históricas, se aceita a possibilidade de conhecer por sucessivas aproximações do real.

Silva (2006) enfatiza que as ideias defendidas por Bunge (1974) nos ajudam a entender a relação entre imagens e realidade, o que remete para implicações nos processos de ensino e aprendizagem de CNT. Com base no autor, pode-se dizer que as imagens representativas de partículas submicroscópicas se tratam de “objeto[s]-modelo, ou seja, um objeto construído por um processo de idealização e esquematização, que faz ponte entre uma teoria e a realidade, mas que não é, de modo algum, a própria realidade” (SILVA, 2006, p. 81):

nem os modelos teóricos nem as teorias gerais se referem diretamente ao mundo tal qual o percebemos e conhecemos, o mundo dos objetos, eventos, situações que consideramos reais, cotidianas. Assim, as exterioridades dessas imagens, os objetos reais e objetos-modelo, não possuem o mesmo estatuto ontológico, ou seja, não são reais do mesmo modo, embora ambos sejam exterioridades de suas respectivas imagens. Portanto, temos um movimento análogo entre conhecimento e linguagem no âmbito da linguagem visual: o movimento que institui uma realidade dentro de si, cujo estatuto ontológico precisa ser diferenciado em relação a outros discursos/conhecimentos (p. 80).

Nessa perspectiva, Lopes (2007), embasada em Bachelard, corrobora a distinção entre real dado e real científico:

Na ciência, não se trabalha com o que se encontra visível na homogeneidade panorâmica. Ao contrário, é preciso ultrapassar as aparências, pois o aparente é sempre fonte de enganos, de erros, e o conhecimento científico se estrutura por intermédio da superação desses erros, em um constante processo de ruptura com o que se pensava conhecido (p. 40).

O conhecimento é questionável e passível de ser ampliado e/ou retificado. A história possibilita a compreensão de que o modelo atômico de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr tem menos referência à

realidade do que o modelo atômico da nuvem eletrônica (dos orbitais) e da dualidade onda-partícula do modelo atual. Isso não exclui a possibilidade de que, no ensino de Química, usem-se diferentes representações do átomo para a explicação de fatos/fenômenos; afinal, torna-se inviável representar e imaginar, o tempo todo, explicações de nível atômico-molecular com a representação contemporânea do átomo.

Quando se pensa sobre a gênese do conhecimento, se sua origem está no sujeito ou no objeto, defende-se a compreensão de que o modelo atômico (e suas representações) deriva de inter-relações dinâmicas entre processos cognitivos humanos e o objeto a conhecer e, portanto, a atividade científica é dialética.

A produção de fenômenos científicos tem o nome de fenomenotécnica e é incompatível com uma fenomenologia imediata. A construção na ciência se faz pela estreita união entre o abstrato e o concreto, isto é, pela ‘concretização do abstrato’, conforme uma expressão do próprio Bachelard. O racionalismo aplicado e o materialismo aplicado vão tratar de explicitar essa construção (BULCÃO, 1981, p. 93).

Sujeito e objeto do conhecimento são a fonte e o fundamento do conhecimento humano. Os conhecimentos e as práticas não são neutros, pois carregam marcas da história e das relações socioculturais, a exemplo do que nos ensina Fleck ao considerar a existência do EP como elemento que faz a mediação entre sujeito e objeto do conhecimento. Logo, compreensões sobre o modelo atômico atual decorrem de constructos anteriores, são produções coletivas e não individualizadas. Em sintonia com Freire (2001), pode-se dizer que o sujeito produz cultura na relação com outros sujeitos (ambos histórico-culturais) que interagem com o objeto cognoscente (com o mundo material). Ao buscar respostas para um problema, o sujeito interage ao mesmo tempo com outros sujeitos e com o mundo que se pretende conhecer.

Compreende-se (pela posição epistemológica que se assume) que a ciência Química não é uma cópia do real que chega até nós através dos sentidos, como diria um realista ingênuo, ou ainda, seria incorreto dizer que o átomo existe porque se diz que ele existe, fruto apenas do pensamento e de idealizações. Ao defender uma posição realista, entende-se que a realidade existe independente de pronunciá-la ou pensá-la. Segundo Bachelard (1978a, p. 32), “nem tudo é real da mesma maneira; a substância não tem, a todos os níveis, a mesma coerência; a existência não é uma função monótona; não pode afirmar-se por toda a

parte e sempre no mesmo tom”. Ou seja, a compreensão da realidade demanda processos de racionalizações sucessivas do real, não se trata de uma apropriação direta do objeto que se pretende conhecer. Entretanto, embora o conhecimento não reflita diretamente à realidade, isso não impede de dizer o que seja a realidade. Pelo que se conhece hoje sobre a realidade da matéria, pode-se dizer que ela é constituída de estruturas submicroscópicas (de átomos, moléculas). Esse conhecimento, resultante de construções históricas, possibilita dizer o que é o átomo hoje, mesmo que “amanhã” ele possa ser outra coisa.

Para um realista crítico, a realidade existe, mas o conhecimento (enquanto referente da realidade e de construções humanas) sobre ela está no futuro, decorre de processos de (re)construções – o conhecimento do que seja a realidade hoje não é o mesmo do passado, apenas “amanhã” entenderemos melhor por meio de rupturas e superações, como nos ensina Bachelard – , da relação entre sujeito e objeto do conhecimento, de abstrações e compreensão da realidade que são oriundos de um arcabouço teórico que historicamente está em (re)construção, nas interações sociais.

Resumidamente, para a compreensão da Ciência e suas representações, aceita-se uma posição *realista crítica* que diz sobre a *possibilidade do conhecimento* e a *essência do conhecimento*, em que o real existe e pode vir a ser conhecido, mesmo que aquilo que se conhece hoje possa ser superado ou ampliado com novas teorias ou teorias complementares; daí a necessidade da recorrência histórica que visa aproximações sucessivas do real. As imagens representativas do modelo atômico, que se diferenciam ao longo da história, possibilitam uma percepção sobre a perspectiva realista crítica, mesmo que diferentes representações (como a de Dalton) ainda possam ser utilizadas pelos estudantes e professores para a explicação de distintas situações vivenciais, a exemplo da constituição do ar atmosférico que muitas vezes acaba sendo pensado e representado na forma de bolinhas. Defende-se também uma posição dialética quanto à *origem do conhecimento*, a exemplo do que se refere Bachelard no racionalismo aplicado: ele entende o conhecimento como produção oriunda de processos de inter-relação entre sujeito e objeto do conhecimento, superando a posição empirista (em que o modelo atômico é resultante, unicamente, da experimentação) e racionalista (em que o modelo de átomo resulta de constructos puramente racionais). Visão que é expandida por Fleck ao explicitar um terceiro elemento, o Estilo de Pensamento (EP), que faz a mediação entre sujeito e objeto do conhecimento, ou seja, o conhecimento é resultado de uma atividade

social, de um sujeito não neutro (possuidor de um EP) e que interage (passiva e ativamente) com o objeto que se quer melhor conhecer (FLECK, 1986, 2010).

As discussões remetem para a importância de instigar no ensino de CNT, em cursos de formação para o ensino e na escola, reflexões que visem melhores entendimentos sobre a natureza do conhecimento científico (e suas representações), a fim de evitar incompreensões ou visões simplistas ou deturpadas sobre aspectos que constituem a produção do conhecimento científico e conhecimento escolar. Isso reforça a tese da não transparência dos conceitos e representações de partículas submicroscópicas empregadas nas aulas de Ciências/Química.

Do mesmo modo, merece atenção a posição que assumimos em relação a visão social da ciência e a especificidade da linguagem química, não são discutidas por Hessen (2003).

Bachelard ressalta o caráter social da ciência, afirmando que a cultura científica contemporânea se caracteriza pela intersubjetividade, [...] procurando mostrar que na ciência não encontramos resultados particulares e sim frutos de uma racionalidade coletiva. [...] que o racionalismo conduz à comunhão dos espíritos que acabam por reconhecer que, isolados, não seriam capazes de chegar aos mesmos resultados (BULCÃO, 1981, p. 28).

A racionalidade coletiva, defendida por Bachelard, pressupõe o uso de uma linguagem específica, “sem a qual ela não poderia se opor à linguagem natural e alcançar a objetividade” (BULCÃO, 1981, p. 28) que na Ciência contemporânea vai além de explicações do senso comum. Usa-se de um racionalismo aplicado, no qual “não há método de pesquisa que não acabe por perder sua fecundidade primeira. Sempre chega uma hora [...] em que o espírito científico não pode progredir se não criar métodos novos” (URBAIN, apud BACHELARD, 1978a, p. 158). Desse modo, Bachelard conserva “*aberto* o corpo de explicação”, o que é característico “duma psicologia científica receptiva” (p. 172), de um espírito científico aberto e vigilante. As tecnologias são exemplos de avanço nos instrumentos que medeiam os problemas de pesquisa da atualidade.

Com base em Fleck (2010), conhecimentos e práticas são compartilhados por determinados grupos de pesquisa, há uma linguagem estilizada que é produzida e validada historicamente por determinados grupos culturais, tal como os da Química, da Física, da área de Ensino

de Química, da didática das Ciências, etc. Esses conhecimentos e práticas se instauram, ampliam e transformam por processos de circulação intra e intercoletiva, nas interações sociais (FLECK, 2010), a exemplo dos propiciados pela escola.

Bachelard (1983) pressupõe que, na Ciência e no ensino de Ciência, se considere a historicidade do progresso das Ciências, para a qual “o trabalhador isolado deve confessar ‘que ele não teria achado isso sozinho’. Esse progresso dá às ciências uma verdadeira história de ensino cujo caráter social não pode ser desconhecido” (p. 132). Para o autor é pedagógico estudar e entender a história do progresso das Ciências, suas construções e rupturas (descontinuidades) que configuraram e configuram o conhecimento científico; afinal, percepções sobre obstáculos que impediram os cientistas a avançar no conhecimento, muitas vezes, são análogos aos obstáculos do processo de ensino de CNT, na aprendizagem dos estudantes.

De modo semelhante, Fleck (2010, p. 61) alerta que “não conseguimos deixar para trás o passado – com todos os seus erros. Ele continua vivo nos conceitos herdados, nas abordagens de problemas, nas doutrinas das escolas, na vida cotidiana, na linguagem e nas instituições”. Assim, “não existe geração espontânea (*Generatio spontanea*) dos conceitos” (p. 61), pois eles dependem de cenários históricos e culturais. Ao considerar esse viés sócio-histórico da gênese e difusão do conhecimento, assume-se que o EP, em um sujeito, é dependente de tais cenários e, portanto, não pode ser desconsiderado no processo de ensino. O conhecimento resulta de uma construção social,

Na transformação de um estilo de pensamento e na implementação de um novo, o papel da interação entre distintos coletivos é de fundamental importância, na compreensão de Fleck, para o enfrentamento de problemas de investigação que têm determinadas características, quais sejam, tenham se revelado como complicações (FLECK, 1986) não resolvidas pelo estilo de pensamento que se ocupa do problema investigado. Já durante a extensão do estilo de pensamento, a interação intracoletiva é responsável tanto pela efetiva adoção do estilo de pensamento como pela formação dos membros integrantes do coletivo que compartilharão (DELIZOICOV, 2009, p. 250).

Para Fleck (2010), os conhecimentos “peregrinam no interior da comunidade, são lapidados, modificados, reforçados ou suavizados,

influenciam outros conhecimentos, conceituações, opiniões e hábitos de pensar” (pp. 85-86). Ou seja, o conhecimento não pertence a um indivíduo, mas a um coletivo; trata-se de um produto social que na historicidade evolui.

Nesta pesquisa, compreende-se que uma melhor clareza da concepção epistemológica “defendida” pelo professor pode possibilitar uma maior coerência na prática pedagógica, no sentido de se ter maiores condições de refletir sobre o conhecimento historicamente construído e em (re)construção. Reflexão que possibilita romper com visões deformadas do trabalho científico (seus modelos teóricos e representações), como a imagem de produção de conhecimento científico empírico-indutivista e ateuca, rígida/acabada, aproblemática, ahistórica, exclusivamente analítica, individualista, descontextualizada e socialmente neutra, apresentada por Gil Pérez et al. (2001), ou o realismo, verbalismo, substancialismo e animismo descrito por Bachelard (1996).

Ao defender o estudo de Ciências e sobre Ciências<sup>12</sup> na escola, entende-se que os estudantes possam melhor conhecer o processo de desenvolvimento científico e tecnológico, com mais capacidade para tomar decisões e agir com responsabilidade. Cachapuz, Praia e Jorge (2004) discutem o ensinar sobre Ciências, entendendo que não basta aprender conhecimentos e competências tradicionalmente ensinadas, pois:

aquilo que o público precisa compreender é a natureza do saber dos peritos, ou seja, o *processo* através do qual o conhecimento científico/tecnológico é gerado e não [somente] o conteúdo desse conhecimento. No nosso entender, subjacente a esta visão está o conhecido modelo de déficit de conhecimento, tão caro à comunidade científica. [...] Hoje em dia, muitas das problemáticas científico/tecnológicas (porventura as mais importantes) são de uma grande complexidade e envolvem no processo de

---

<sup>12</sup> Neste texto entendemos que “o aprender a fazer Ciência”, defendido por Hodson (1998), que se refere a competências para desenvolver percursos de pesquisa e resolução de problemas, não constitui o foco para a formação de estudantes, visto que na escola da educação básica o interesse não está em formar cientistas, diferentemente do ensinar Ciência e sobre Ciências. Entretanto, ao ensinar sobre Ciência, entendemos ser importante não deixar de lado discussões sobre o como se faz Ciências.

debate e decisão nomeadamente vertentes políticas, económicas e sociais. (p. 367)

Reflexões sobre aspectos da história e filosofia da Ciência podem propiciar maiores aprendizados *de* e *sobre* Ciências, essenciais para a formação de sujeitos críticos e transformadores da sua realidade (FREIRE, 2001), subsídio que instrumentaliza os estudantes para que interpretem situações e resolvam problemas envolvendo conhecimentos científicos e tecnológicos. Tais percepções dependem da circulação intercoletiva de conhecimentos e práticas em que, na escola, por exemplo, o professor assume o papel essencial na constituição (que é permanente) do intersíquico, das visões de ciência e dos conhecimentos científicos que são apropriados e que podem ser empregados (via conhecimentos teóricos e práticos que têm um balizamento em modelos teóricos da Ciência Química) em determinadas situações do cotidiano.

Ao fundamentar-se na compreensão de que posturas epistemológicas adotadas ou seguidas por um indivíduo (seja pesquisador, professor ou estudante) interferem no modo de compreender o conhecimento científico (seus modelos e representações), entende-se que a prática pedagógica do professor de CNT também se modifica, pois corrobora a importância de se estudar sobre a Ciência na escola.

No próximo capítulo, em especial, apresentam-se os pressupostos pedagógicos e educacionais que embasam o professor/pesquisador. Algumas visões parecem muitas vezes utópicas, mas orientam a busca por melhores ações docentes, como as desenvolvidas nesta pesquisa. Desde já, chama-se a atenção para que tais conjecturas não sejam compreendidas isoladamente dos aspectos epistemológicos, mas como escritos que visam orientar e potencializar os processos de formação do constituir-se professor de Ciências/Química.



### **3 PRESSUPOSTOS EDUCACIONAIS E PEDAGÓGICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AO ENSINO DE CIÊNCIAS/QUÍMICA**

Este capítulo aborda aspectos educacionais defendidos na pesquisa. Num primeiro momento, discorre-se sobre a função da instituição escolar, do professor e dos estudantes que estão envolvidos no espaço escolar, do estudo de uma temática e as relações envolvidas entre conhecimentos que permeiam a cultura escolar. Na sequência, discutem-se os processos de ensino de Ciência/Química e a elaboração conceitual e os processos de (re)construção e desenvolvimento do pensamento e da linguagem humana. Por fim, ao discutir a constituição dos modos de ver, pensar e agir no ensino de Ciências/Química, dá-se ênfase às preocupações com a não transparência da linguagem e a circulação intercoletiva de conhecimentos e práticas, como as que envolvem o ensino de Química: as explicações em nível submicroscópico.

#### **3.1 Instituições, agentes, instrumentos e suas funções no ensino de CNT**

Entende-se a escola como uma instituição da sociedade, uma construção cultural na qual o estudante se apropria de conhecimentos, subsídios e argumentos (como os que envolvem as CNT) por ela mediados, como ferramenta cultural que busca o seu desenvolvimento, de forma a poder refletir e agir com mais consciência e responsabilidade sobre problemas relacionados à comunidade em que está inserido, emitindo sua opinião a partir de um sistema de valores e de informações, mas dentro de um comprometimento social (SANTOS; SCHNETZLER, 1997, BRASIL, 2006). Nessa perspectiva, ao invés de um repasse de informações, cabe à escola a função social de mediar acessos *a e sobre* conhecimentos historicamente produzidos pela humanidade e que contribuam para a análise crítica e a resolução de problemas da realidade dos aprendizes, mediante uma educação dialógica, crítica e transformadora das potencialidades da vida para melhor.

Na escola, “a apropriação de conhecimento tem a sua razão de ser na sua ligação com necessidades da vida humana e com a transformação da realidade social” (LIBÂNEO, 1994, p.151). Isso remete para a importância do professor envolver-se na compreensão global do processo educativo na sociedade, visto que a sociedade, os contextos sociais, a Ciência, os meios de textualização e comunicação, a função da

escola, os conhecimentos e as práticas do professor, modificam-se. A escola é concebida como sendo portadora de um projeto de humanização, em que a educação é compreendida como um processo de constante libertação do homem, a formação de um sujeito crítico e transformador da realidade (FREIRE, 2001). Portanto, a escola se insere em um projeto de Educação que “não aceitará nem o homem isolado do mundo – criando este em sua consciência –, nem tampouco o mundo sem o homem – incapaz de transformá-lo” (*idem*, pp. 75-76).

A concepção de uma educação comprometida com o social remete à defesa

de uma *escola* em que as pessoas possam dialogar, duvidar, discutir, questionar e compartilhar saberes. Onde há espaço para transformações, para as diferenças, para o erro, para as contradições, para a colaboração mútua e para a criatividade. Uma escola em que os professores e alunos tenham autonomia, possam pensar, refletir sobre o seu próprio processo de construção de conhecimentos e ter acesso a novas informações. Uma escola em que o conhecimento já sistematizado não é tratado de forma dogmática e esvaziado de significado. (REGO, 2003, p. 118).

Uma das funções da escola é avançar na concepção de Ciência dos estudantes, de modo a não incorrer em visões simplistas frente à percepção do conhecimento científico a ponto de entendê-lo como algo pronto, imutável, inquestionável e com “verdades” presentes, *a priori*, nas experiências do senso comum.

Na escola, em sala de aula, o olhar histórico e epistemológico da Ciência (como a embasada no capítulo anterior) pode permitir a desmistificação do cientista, ou seja, de não vê-lo como um ser superior, gênio ou anormal, mas alguém que historicamente se constitui e se apropria do conhecimento de outros pesquisadores em determinado contexto social, podendo avançar e reinterpretar conhecimentos de origem científica.

A reflexão epistemológica, como a desenvolvida neste texto, visa contribuir para a superação de “uma concepção de ciência livre de valores, não contaminada por interesses, paixões e emoções” (DELIZOICOV; AULER, 2011, p. 247). Segundo Delizoicov e Auler (2011, p. 248) “as interações entre sujeito e objeto do conhecimento não são neutras, uma vez que o sujeito, ao estabelecer relações cognitivas com o objeto, o faz com expectativas e pressupostos”, com uma

intencionalidade que pode ser problematizada. Um exemplo se refere às chamadas “pesquisas científicas” que circulam na mídia sobre o chocolate: ora dizem que faz mal ora dizem que faz bem à saúde. Infelizmente, tais discussões, segundo o panorama da literatura da área, pouco acontecem, pois o ensino ainda é embasado em concepções dogmáticas, lineares, fragmentadas e descontextualizadas dos conhecimentos, que excluem o contexto, as perguntas, as contradições e os sujeitos que contribuíram na produção de tais conhecimentos. Ou ainda, muitas vezes, centra-se somente no conteúdo desvinculado da realidade cotidiana e destituído de reflexões sobre o conhecimento que se ensina.

Com base nesses pressupostos, e em sintonia com a concepção epistemológica anteriormente expressa, defendemos também os processos de ensino que estabeleçam uma problematização ancorada na perspectiva da *Filosofia da desilusão*, que diz não à “Filosofia do eterno e do imutável, da razão totalizante e totalitária” (LOPES, 2007, p. 54). Nessa perspectiva, é preciso uma razão

aberta e retificável. É o campo do mutável, da pluralidade, do dissenso, campo que mostra, constantemente, o quanto nos iludimos com o que julgamos saber. Não há descanso para o processo de retificação, não há reta de chegada, não há certezas definitivas, mas, em contrapartida, não há a pretensão de alcançar a onisciência divina (*idem*, p. 54).

No ensino, muitas vezes, os estudantes buscam respostas últimas e inquestionáveis. No entanto, percebe-se, nos escritos de Bachelard, que as perguntas são mais importante que as respostas. Para além da importância do professor desenvolver questionamentos aos estudantes, “As perguntas que os alunos apresentam como suas, expressando desejos, intenções de aprender e interesses, são muito relevantes para o professor como sinalizadoras do que os alunos conhecem e sabem, mas também do que eles não conhecem” (RAMOS, 2008, p. 72). As respostas, embora necessárias para a interpretação e ação na sociedade, configuram, de algum modo, ilusões, obstáculos que, em algum momento, impedem a elaboração de novos conhecimentos e novos olhares sobre a realidade. Segundo Delizoicov e Auler (2011), com base em Santos (1977), a elaboração de novos problemas também tem uma característica espaço-temporal, ou seja, variam conforme a localização histórica e geográfica, com o momento histórico, com as influências do contexto vivenciado e as demandas da sociedade.

Silva (2007), apoiando-se em Bachelard, diz que a escola pode ser o lugar privilegiado para tornar a Ciência operante no nível da consciência cultural mais abrangente: de modo a ser “conhecida, discutida, polemizada” (p. 114), para além de aprender Ciências, aprender sobre Ciências (MALDANER, 2003; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004; MACHADO; MORTIMER, 2007). Tais aprendizados são fundamentais para que os estudantes busquem influenciar mais diretamente (por exemplo, via manifestações) as políticas públicas de desenvolvimento científico e tecnológico, financiadas por órgãos de fomento do país.

Ao corroborar com Silva, e cientes do poder do conhecimento científico ensinado na escola para transformar a sociedade (FREIRE, 2001), defende-se que a escola propicie a construção de “um espírito que quer saber”, mas ciente de que “o saber é sempre uma construção (‘aproximação’, ‘perspectiva’) exigente de um espírito aberto a novas construções (‘retificações’) bem como, ao abandono de velhas verdades, preconceitos e saberes mal-fundados” (SILVA, 2007, pp. 139-140).

Aprender ciências implica aprender conceitos que constroem e colocam em crise conceitos da experiência comum. Isso não significa, por sua vez, o estabelecimento de uma hierarquia axiológica entre conhecimento comum e conhecimento científico. A partir da análise que Bachelard faz dos racionalismos setoriais, emerge a necessidade de sublinhar a marca pluralista de cultura: campos de conhecimentos diversos têm racionalidades distintas, não unificáveis, não redutíveis uma a outra. Não é possível compreender a lógica das ciências com a racionalidade do conhecimento cotidiano, tanto quanto não é possível viver no cotidiano de forma que cada uma de nossas ações reflita uma lógica científica. (LOPES, 2007, p. 53).

Nessa perspectiva de escola, os indivíduos são valorizados e considerados com suas bagagens de crenças, conhecimentos, valores, atitudes e comportamentos desenvolvidos nas interações cotidianas, além das escolares. Isso supera a relação dicotômica entre o que a escola ensina e o que se aprende e vive fora dela. Afinal, “o ser humano, na vida normal, exercita a observação, a comunicação, a aprendizagem, a tomada de decisões ponderadas, a expressão, a manipulação de objetos e instrumentos em situações mais variadas do que na escola” (SACRISTÁN, 1995, p. 102). Valorizar a percepção do aluno não

significa negar o conhecimento histórico e socialmente produzido pelas Ciências, mas problematizá-lo e, pela dialogicidade, conscientizá-lo das potencialidades e limitações do conhecimento que possui, reconhecendo que o novo conhecimento (embasado na Ciência) permite respostas, muitas vezes, mais efetivas para os problemas enfrentados no dia a dia. Isso demanda que o professor contemple no espaço escolar, “aspectos éticos, morais, sociais, econômicos e ambientais a eles relacionados” (SANTOS; SCHNETZLER, 1997, p. 131).

Em sintonia com aspectos do referencial freiriano, entende-se que é preciso ver o homem na “interação com a realidade, que ele sente, percebe e sobre a qual exerce uma prática transformadora” (FREIRE, 2001, p. 75). “O homem, como um ser histórico, inserido num permanente movimento de procura, faz e refaz constantemente o seu saber” (p. 47), trata-se de um sujeito histórico que produz cultura na sua relação com outros sujeitos (históricos), que interagem com o objeto cognoscente (com o mundo material). A escola é uma das instituições que pode contribuir com a tomada de consciência das situações-limite – ultrapassando a mera apreensão da presença do fato (FREIRE, 2005).

Na educação para a libertação, para a transformação, a tarefa do educador é a de problematizar aos educandos o conteúdo que os mediatiza na relação entre sujeitos cognoscentes, mediados pelo objeto cognoscível, na qual o educador reconstrói, permanentemente, “e não a de dissertar sobre ele, de dá-lo, de estendê-lo, de entregá-lo, como se se tratasse de algo já feito, elaborado, acabado, terminado” (FREIRE, 2001, p. 81). A “educação, como verdadeira situação gnosiológica, significa a problematização do conteúdo sobre o qual se co-intencionam educador e educando, como sujeitos cognoscentes” (p. 85), onde ninguém “problematiza algo a alguém e permanece, ao mesmo tempo, como mero espectador da problematização” (p. 82). Nessa prática, o diálogo possibilita conhecer a realidade para poder ter uma melhor inserção crítica e transformadora. Entretanto, em uma sala de aula, nem sempre os temas estudados na escola são problemas ou tornam-se problemas que interessam a todos os alunos, pois as turmas de estudantes são, normalmente, de diferentes contextos culturais e no espaço/tempo escolar, mesmo que haja momentos de problematização por parte do professor, pode haver estudantes que não reconheçam o estudo desenvolvido em sala de aula como um problema.

Segundo Freire (2001, p. 31):

a posição normal do homem no mundo, como um ser de ação e de reflexão, é de “ad-mirador” do mundo. [...] capaz de refletir sobre si e sobre a

própria atividade que dele se desliga, o homem é capaz de “afastar-se” do mundo para ficar nele e com ele. Somente o homem é capaz de realizar esta operação, de que resulta sua inserção crítica na realidade. “Ad-mirar” a realidade significa objetivá-la, aprendê-la como campo de sua ação e reflexão. Significa penetrá-la, cada vez mais lucidamente, para descobrir as inter-relações verdadeiras dos fatos percebidos.

Na escola, espera-se contribuir no modo de “ad-mirar” a realidade. Deseja-se que “os educandos assumam o papel de sujeitos cognoscentes em diálogo com o educador, sujeito cognoscente também” (FREIRE, 1981, p. 39). Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) enfatizam a importância de reconhecer o estudante como sujeito de sua aprendizagem, como alguém que realiza a ação, “uma vez que a aprendizagem é um processo interno que ocorre como resultado da ação de um sujeito” (p. 122): “as pessoas aprendem o tempo todo. Instigadas pelas relações sociais ou por fatores naturais, aprendem por necessidades, interesses, vontade, enfrentamento, coerção” (p. 123).

Com base no exposto e ainda considerando as visões expressas em documentos oficiais (BRASIL, 2002, 2006), entende-se que a escola e professores propiciem um ensino de CNT que

pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade (BRASIL, 2006, p. 109).

A escola, como um *locus* onde ocorre a circulação intercoletiva de conhecimentos e práticas, além de proporcionar o acesso à linguagem específica das Ciências/Química, necessita promover discussões críticas da ciência Química. Isto é, críticas no sentido de acentuar, por exemplo, que ela não é neutra e dogmática, mas fomentada por interesses particulares, sociais, econômicos e decorrentes de uma localização histórica e geográfica (DELIZOICOV; AULER, 2011).

Na aprendizagem, o “nosso pensamento se constrói em meio a um processo mediado por instrumentos, cujos exemplos vão desde

imagens, palavras, lápis, papel, até dispositivos de pensamento, como o silogismo” (GIORDAN, 2008, p. 19), os quais desempenham distintas funções em tempos e culturas diferentes.

Nos processos de ensino e aprendizagem, a palavra *mediação* refere-se não apenas a um processo de transmissão-recepção em que quem sabe (o professor) é ativo em sala de aula e quem não sabe (os estudantes) é passivo, mas a um processo interativo em que os diferentes sujeitos produzem e expressam sentidos aos significados conceituais, pelo uso de linguagens e pensamentos específicos que não são transparentes aos estudantes. Ao enfrentar um problema (oriundo da necessidade de conhecer ou atuar), a mediação (coerente com o conhecimento químico) envolve significações sobre modelos teóricos que, aliados a recursos didáticos, envolvem textos, esquemas, fotografias, representações, animações, vídeos, etc., sendo que muitos desses materiais são permeados de imagens representativas de partículas submicroscópicas que carecem de discussões junto ao ensino e à aprendizagem de CNT.

A noção materialista de mediação considera os instrumentos decisivos na estrutura e na gênese das atividades de trabalho, pois são os instrumentos que se *colocam entre* os sujeitos e os produtos destas atividades, exercendo, portanto, a função de mediadores. A hipótese arrojada de Vigotski prevê que no plano mental existam construtos que exercem funções mediadoras nessas atividades, chamadas por ele de ferramentas psicológicas, ou ainda, ferramentas culturais na concepção da ação mediada. A hipótese se completa com a proposição do papel central das ferramentas culturais na estrutura e na gênese das atividades mentais e portanto no desenvolvimento das formas de pensamento, algo como uma analogia com a noção materialista de mediação. Dessa forma, na perspectiva da teoria da ação mediada, as ações humanas, sejam elas externas – entre indivíduos – ou internas – no plano mental – são mediadas por ferramentas culturais que estruturam as ações e as determinam juntamente com os propósitos daqueles que as realizam. (GIORDAN, 2008, p. 302, grifo do autor).

Apoiados no referencial histórico-cultural, valorizamos a visão de que interações assimetricamente desenvolvidas (entre sujeitos e objetos a conhecer) no contexto escolar permitem a circulação de sentidos aos conceitos. E cabe ao professor a função pedagógica, tanto de promover a verbalização das ideias em construção por parte dos estudantes quanto de controlar os processos de produção de sentidos ao significado conceitual coerente com a Ciência e importantes ao desenvolvimento humano-social.

Nas interações planejadas e desenvolvidas

cada sujeito interage com outros impregnado de teorias, práticas e saberes. Socialmente produzidos, mais/menos conscientes e refletidos, são suscetíveis de sistemáticos processos de reconstrução sócio-cultural mediante assimetrias das relações intersubjetivas. Valorizamos a visão do caráter sempre interativo, “nem receptivo, nem apenas ativo” nos processos de construção de conceitos escolares, como relação apoiada em sujeitos que “elaboram conhecimentos sobre objetos, em processos *necessariamente* mediados pelo outro e constituídos pela linguagem, pelo funcionamento dialógico” (GÓES, 1997, p. 13). Assim, “o conhecer tem gênese nas relações sociais, é produzido na intersubjetividade e é marcado por uma rede complexa de condições culturais” (p. 14), históricas e sociais (SANGIOGO; ZANON, 2009, p. 5).

Com o intuito de expor uma maior compreensão sobre a perspectiva histórico-cultural, é importante explicitar também nossa concepção de cultura. Com base em Lopes (1999), assume-se uma concepção ampla de cultura, imbricada com processos de aprendizado, desenvolvimento humano e educação, os quais manifestam vivências, conhecimentos, valores, atitudes, posturas e ações, desde peculiaridades de gostos, sensibilidade, inteligência, iniciativa, enfim, comportamentos típicos de cada ser humano em seu meio social. Assume-se, ao lado da autora, a visão de cultura como campo da diversidade, pluralidade, diferença, heterogeneidade, das rupturas que permeiam a multiplicidade da convivência humana.

Para Vigotski, a cultura não é pensada como algo pronto, como um sistema estático a que os sujeitos se submetem, mas “uma espécie de ‘palco de negociações’, em que seus membros estão em constante movimento de recriação e reinterpretção de informações, conceitos e



significados” (OLIVEIRA, 1993, p. 38). A cultura de fora e de dentro da escola constitui permanentemente o intrapsíquico, ou seja, os modos de ver, pensar e agir originam-se nos distintos contextos sociais interativamente vivenciados: família, escola, religião, mídia, internet, grupos de amigos, entre outros.

Diferentemente dos conceitos científicos, os conceitos cotidianos são desenvolvidos de forma ‘colada’ à vivência (VIGOTSKI, 2001) e, portanto, são produzidos em interações circunstanciais, mediante influências da mídia e interlocuções, na maioria das vezes, com menores graus de assimetria. Na sociedade atual, torna-se cada vez mais perceptível o uso de palavras e conceitos científicos no cotidiano por meio da ampla circulação, na mídia, de documentários, reportagens, artigos, via internet, revistas, etc., que constituem canais de acesso a informações e conhecimentos diversificados. Graus de interpenetração de linguagens e significados conceituais oriundos das Ciências são (em tese) possibilitados pela mediação da escola e da mídia (TV, jornal, revistas) e grupos sociais. A cada nova geração, conhecimentos cotidianos transformam-se, tendendo a uma ampliação e reconfiguração mediante processos de interação histórico-cultural, o que conota a relevância do ensino de Ciências/Química atender às demandas impostas pela sociedade.

### **3.2 Os processos de ensino de Ciência/Química na elaboração conceitual**

Vigotski, ao falar do desenvolvimento humano, denota compreensões referentes ao domínio genético<sup>13</sup> que, de algum modo, constituem os processos de elaboração conceitual: filogenético, ontogenético, sociogenético e microgenético.

O sistema de atividade da criança está determinado em cada etapa dada pelo grau de seu desenvolvimento orgânico, e pelo grau de seu domínio das ferramentas. São dois sistemas diferentes que se desenvolvem conjuntamente, formando um terceiro novo sistema de um gênero muito especial. Na filogênese, o sistema de atividade do homem está determinado pelo desenvolvimento de órgãos bem naturais, bem

---

<sup>13</sup> Para saber mais, conferir Wertsch (1988), um dos autores que define e caracteriza os domínios genéticos da teoria vigotskiana.

artificiais. Na ontogênese, o sistema da atividade da criança está determinado simultaneamente tanto por um como pelo outro. (VYGOTSKY, 2000, pp. 38-39, tradução nossa).

O desenvolvimento biológico da espécie humana (filogenética) acompanha e propicia o desenvolvimento do sujeito (ontogenética) que é articuladamente dependente e associado ao desenvolvimento biológico e ao domínio de ferramentas decorrentes do cenário sócio-histórico de um indivíduo, no caso, de um indivíduo da espécie humana. O terceiro plano genético refere-se ao sociocultural ou histórico-cultural (sociogenético), relacionado à história da cultura em que o indivíduo está inserido, os contextos culturais que definem os processos e funcionamentos psicológicos, em que o homem pode criar instrumentos, como o espectrômetro de massa usado para identificar ou caracterizar substâncias orgânicas e inorgânicas, o que seria um processo inviável apenas pelos sentidos (visão, olfato, etc.). O outro plano de desenvolvimento genético é uma proposição de Wertsch (1988) e refere-se à microgenética, aos microepisódios que permitem analisar e entender os indícios e as transformações dos processos de (re)elaboração conceitual, de conhecimentos e ações do sujeito, no meio cultural, remetendo aos diferentes (mais heterogêneos ou homogêneos) modos de ver, pensar e agir.

No humano, os signos funcionam como instrumentos ou ferramentas que, na relação com o mundo, com o trabalho, visam à transformação da natureza para suprir suas necessidades, diferenciando-se, por exemplo, de outros animais que não desenvolvem tais capacidades mentais superiores, ainda que eles sejam capazes de se comunicar. As relações do homem com o mundo não são diretas, o pensamento verbal e a memória lógica e seletiva são mediados socialmente por ferramentas materiais, por sistemas de símbolos, pelo comportamento do Outro, pela linguagem e contexto histórico-cultural (VIGOTSKI, 2007; MORTIMER, 2000).

O desenvolvimento biológico, associado com as relações socioculturais e históricas, são os fundamentos do modo de perceber e interagir do homem com a realidade, interferindo no olhar, na percepção, nos conhecimentos, nas ações tomadas por um sujeito. As influências constituintes do intrapsicológico ultrapassam o discurso, pois agregam ferramentas e ações/comportamentos de outros indivíduos. Por exemplo, ao ensinar sobre transformações químicas, utilizam-se discursos que visam interligar aspectos fenomenológicos, teóricos e

simbólicos que podem se associar a experiências de vida, a atitudes do professor, de estudantes, ao uso de ferramentas de alguma experiência usada em sala de aula ou mesmo fora dela, como a compreensão química envolvida na combustão, as mudanças no aspecto de ligas metálicas, consumo e conservação de alimentos, etc. Com base na perspectiva histórico-cultural, entende-se que estudantes e professores, ao se envolverem com instrumentos linguísticos específicos à cultura científica, apreendem ferramentas que ampliam o desenvolvimento humano, à sua humanização, podendo melhor agir sobre a natureza. Com o auxílio da abordagem dialética homem-natureza de Engels (1940), Vigotski (2007) compreende o homem como alguém que “age sobre a natureza e cria, através das mudanças nela provocadas, novas condições naturais para a sua existência” (p. 62).

Ao considerar a não transparência dos discursos da Ciência, o professor assume o papel de mediador e regulador dos discursos. O discurso envolve tensões, negociações, relações de dominação e resistência que caracterizam a comunicação entre estudantes e professores (BAKHTIN, 2009). No processo, o emprego (uso e interpretação) de representações de partículas submicroscópicas nas aulas de Química demanda explicações específicas quanto ao significado produzido na cultura científica, que envolve a compreensão sobre: sua não transparência; seus aspectos didáticos, os limites e as potencialidades conceituais; e sua relação com a Ciência, a produção do conhecimento, a relação entre sujeitos, os modos de pensar e agir (EP) e o objeto do conhecimento (fatos, fenômenos). A partir de tais mediações, essas representações podem funcionar como mais um recurso/instrumento que potencializa a compreensão de modelos explicativos estudados na escola e que viabilizam novos modos de interpretar situações, contribuindo na resolução de problemas cotidianos dos estudantes.

Com base em Bachelard, reitera-se o entendimento de que a aprendizagem se dá por processos de rupturas, (re)construções permanentes. Aprender demanda um espírito aberto, dinâmico e, ao mesmo tempo, vigilante às possíveis incompreensões e obstáculos que possam impedir o acesso aos conhecimentos, a exemplo dos que a escola pretende ensinar. Nesse processo, destaca-se mais uma vez o professor, o agente problematizador, motivador, mediador e vigilante dos processos de apropriação e (re)construção de conhecimentos escolares.

Ao entender que o processo de elaboração de conhecimentos estudados na escola dá-se por “ruptura”, não se quer negligenciar a

relevância de uma ou outra forma de conhecimento, seja o científico ou o cotidiano, nem no sentido de uma substituição de conhecimentos cotidianos por científicos (LOPES, 1999), pois não se pode negar a dinamicidade e pluralidade das capacidades humanas, da elasticidade e flexibilidade da mente humana, na atuação sobre e na realidade cotidiana. No entanto, corrobora-se com Vigotski (2001, p. 334) de que “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”. Assim, defende-se que o ensino de CNT demanda ir além de explicações típicas à cultura cotidiana, pois recorre a elaborações conceituais específicas ao contexto cultural da comunidade escolar cujas explicações da experiência cotidiana são limitados ou não dão conta de responder problemas impostos.

Lopes (1999, 2007), com base em Bachelard, compreende que o processo de construção do conhecimento escolar se dá de maneira descontínua, através de rupturas e/ou reconstruções com o que se julgava sabido. Para progredir no acesso ao conhecimento científico e, de forma análoga, ao conhecimento escolar, é preciso “superar certos entraves ou entorpecimentos do espírito” (SILVA, 2007, p. 61), denominados por Bachelard (1996), de *obstáculos epistemológicos*, os quais também fazem parte dos processos de elaboração conceitual por parte de estudantes e professores.

Os obstáculos epistemológicos são como anti-rupturas (Parente, 1990: 62), pontos de resistência do pensamento ao próprio pensamento (Lecourt, 1980), instinto de conservação do pensamento, uma preferência pelas respostas e não pelas questões (Canguilhem, 1994). A razão acomodada no que já conhece, procurando manter a continuidade do conhecimento, opõe-se à retificação dos erros, ao introduzir um número excessivo de analogias, metáforas e imagens no próprio ato de conhecer, com o fim de tornar familiar todo conhecimento abstrato, constituindo, assim, os obstáculos epistemológicos. (LOPES, 1996, p. 263).

Bachelard (1996) chama a atenção à vigilância epistemológica ao acesso/construção do conhecimento científico, de modo a evitar obstáculos, com os quais o “espírito científico precisa estabelecer uma profunda *ruptura*, para poder avançar” (SILVA, 2007, p. 62). Para

Bachelard (1996, p.17), “o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal-entendidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização”.

Cabe assinalar, como bem expressa Silva (2007, p. 71), que “obstáculos não são meros entraves que, uma vez detectados, são superados de uma vez para sempre”, ou seja, necessita-se de uma vigilância permanente, um constante repensar sobre o que se acredita e se sabe. Para quem pesquisa, ensina e aprende, “muitas vezes se é tentado a aceitar o conforto fácil de ideias vulgares, preconceitos idealistas, noções pseudocientíficas, que, uma vez aceitas, constituem-se em obstáculos tenazes ao desenvolvimento da racionalidade científica” (*idem*, p. 75), assim como oferecem uma explicação simplificada sobre a realidade ou, mesmo, uma imagem representativa.

Tal perspectiva aponta para o pressuposto de que o uso de qualquer recurso, como os livros didáticos ou a apresentação em diapositivos por parte de professores, não reduzirá, por si só, a complexidade (e a dificuldade) de compreensão dos modelos teórico-conceituais, seja de nível macro ou submicroscópico. Se não houver uma devida discussão teórica, imagens e representações correm o risco de assumir apenas um caráter ilustrativo e de mera facilitação, tornando-se obstáculos ao acesso de conhecimentos científicos ensinados na escola (BACHELARD, 1996; LOPES, 1999; SANGIOGO, ZANON, 2012; FERREIRA, 2010; GIBIN, FERREIRA, 2013).

Quanto a linguagem que constitui o conhecimento químico e, logo, o pensamento químico, Mortimer (1996) alerta sobre o uso e interpretação de fórmulas químicas:

A fórmula  $H_2O$  nada mais é que uma representação da substância. Como tal devemos usá-la, apropriando-nos das informações que ela pode nos fornecer mas tomando o cuidado de não confundi-la com a realidade da substância água, muito mais complexa e profunda do que aquilo que duas letras do alfabeto e um número permitem antever (p. 21).

Tal consideração permite inferir sobre a necessidade de inserção da linguagem específica da Química, afinal, sob o ponto de vista dos conhecimentos cotidianos, a representação da água não reflete de forma direta o conceito criado e aceito no âmbito da comunidade científica. A representação, seja uma palavra, símbolo ou imagem de alguma partícula submicroscópica, constitui-se num signo, um instrumento que possibilita a interpretação de diversas propriedades, oriundo de um

*corpus* conceitual que pode inferir para a possibilidade variada de interpretações, dependendo do contexto em que a fórmula está representada. E ainda, quando não mediada pelo professor, tal representação pode remeter para uma ideia realista no sentido de que o estudante confunde a representação parcial do modelo teórico ( $H_2O$ ) com a realidade da substância água, ou a uma concepção idealista em que o estudante não reconhece o conhecimento ou o representado como um instrumento que visa entender e agir sobre a realidade. É importante não confundir também o conhecimento produzido sobre a realidade (a representação), com a realidade em si, como um realista ingênuo (HESSEN, 2003).

Segundo Oliveira (2010), “as diferenças entre o real e o conceitual não são trabalhadas no ensino médio, seja porque os professores não lhes atribuem relevância, seja porque ainda são bastante influenciados pelo realismo da ciência moderna” (p. 229), dificultando a distinção, por parte dos estudantes e professores, entre modelo e realidade, “entre o que é pensado e o próprio existente” (p. 229). Ou seja, imagens representativas de partículas submicroscópicas, como as de um átomo ou molécula, podem ser vistas como descrições fidedignas da realidade, dificultando elaborações conceituais pelos estudantes.

No entanto, assim como as imagens podem se tornar obstáculos ao pensamento abstrato e coerente com as Ciências, a simples verbalização de signos e sentidos, muitas vezes, indica apenas o início do processo de significação conceitual, constituindo palavras ainda vazias de significado (VIGOTSKI, 2001). A verbalização de palavras específicas ao campo da Ciência é necessária para o processo de sua significação, mesmo que o estudante ainda não tenha um significado desejado, por exemplo, ao se iniciar o estudo. Mesmo que seja usada com uma compreensão inicial pelo estudante ou professor, o uso é necessário para atingir níveis cada vez mais avançados de elaboração conceitual, agregando sentido às palavras. Esses pressupostos alertam para a relevância de interações assimétricas com o ‘outro mais experiente’ (o professor), que é um dos agentes mediadores dos significados das palavras expressas nas aulas, os quais são permanentemente apropriados, negociados, recriados e ampliados (VIGOTSKI, 2001, 2007).

Atentos à *vigilância* pedagógica e epistemológica ao acesso aos conhecimentos em estudo na escola, Bachelard (1996) ajuda afirmar a importância de romper com a linearidade de acesso aos conhecimentos do senso comum. No entanto, a abordagem de conhecimentos químicos, em sala de aula, que desconsidera relações contextuais e

interdisciplinares, pode se tornar também um obstáculo no estabelecimento de relações e nexos conceituais nas aulas de Química (BRASIL, 2006). Afinal, a elaboração conceitual está relacionada aos novos significados que os conceitos científicos e cotidianos (espontâneos) adquirem a partir de nexos conceituais estabelecidos entre os movimentos ascendentes e descendentes de conceitos (VIGOTSKI, 2005). Segundo Vigotski (2005), “isso decorre das diferentes formas pelas quais os dois tipos de conceitos surgem” (p. 135), pois enquanto o conceito espontâneo tem origem no confronto com uma situação concreta,

um conceito científico envolve, desde o início, uma atitude “mediada” em relação a seu objeto. Embora conceitos científicos e espontâneos se desenvolvam em direções opostas, os dois processos estão intimamente relacionados. [...] os conceitos científicos desenvolvem-se para baixo por meio dos conceitos espontâneos; os conceitos espontâneos desenvolvem-se para cima por meio dos conceitos científicos. (VIGOTSKI, 2005, pp. 135-136).

Nesse sentido, o trabalho pedagógico teria a proposição de favorecer tanto o movimento dos conceitos espontâneos na direção dos científicos quanto o movimento dos conceitos científicos no sentido dos conceitos cotidianos (mais presos à realidade percebida pelos sentidos). Ao relacionar conceitos cotidianos e científicos envolvidos na resolução de um problema, processos de *abstração* e *generalização* são desenvolvidos por conhecimentos estudados na escola, os quais, segundo Vigotski (2001), são constituintes necessários ao desenvolvimento das *funções psíquicas superiores*.

O conceito de desenvolvimento das funções psíquicas superiores inclui

[...] dois grupos de fenômenos que, à primeira vista, parecem completamente heterogêneos, mas, de fato, são dois ramos fundamentais, dois canais de desenvolvimento das formas superiores de conduta que jamais se fundem entre si, ainda que intrinsecamente unidas. Trata-se, em primeiro lugar, de processos de domínio dos meios externos de desenvolvimento cultural e de pensamento: a linguagem, a escrita, o cálculo, o desenho; e, em segundo, dos processos de desenvolvimento das funções psíquicas superiores

especiais, não limitadas e nem determinadas com precisão, o que na psicologia tradicional se denomina de atenção voluntária, memória lógica, formação de conceitos, etc. Tanto um quanto o outro, tomados em conjunto, formam o que qualificamos convencionalmente como processos de desenvolvimentos das formas superiores de conduta da criança. (VYGOTSKY, 2000, p. 29, tradução nossa).

Com tal compreensão, percebe-se uma intrínseca relação entre a apropriação da linguagem sistematizada referente a um campo cultural e às relações conceituais possíveis que, a princípio, são singulares a cada indivíduo. Pode-se dizer que as *funções* “são relações internalizadas de uma ordem social, transferidas à personalidade individual e base da estrutura social da personalidade” (VIGOTSKI, 1989, p. 58, *apud* PINO, 2000, p. 60), por intermédio das quais o homem se singulariza, permitindo alcançar níveis de significação conceitual mais elevado, como as capacidades de análise e síntese. Na escola, espera-se desenvolver nos estudantes, por meio da apropriação de recursos externos, por exemplo, para distinguir a constituição do Ar presente em um ambiente poluído e não poluído, entender processos químicos envolvidos na modificação da constituição do Ar atmosférico e suas consequências.

O ser humano aprende e se constitui pela linguagem, que é constituidora e articuladora do pensamento, através do desencadeamento de processos de apropriação e uso de signos, os quais carregam sentidos sistematicamente em (re)construção nas relações pedagógicas mobilizadas por graus de assimetria, nas interações planejadas e implementadas em sala de aula. As palavras são “meios” que permitem chegar ao significado de um conceito, que é uma generalização. Segundo Vigotski (2001),

[...] o conceito é impossível sem palavras, o pensamento em conceitos é impossível fora do pensamento verbal; em todo esse processo, o momento central, que tem todos os fundamentos a ser considerado causa decorrente do amadurecimento de conceitos, é o emprego específico da palavra, o emprego funcional do signo como meio de formação de conceitos. (p. 170).



Para Smolka (2010), ensinar envolve o “trabalho com signos, um trabalho de significação por excelência, que implica incansáveis gestos indicativos nas orientações dos olhares, nas configurações dos objetos, nas formas de referir, de conceituar” (p. 128). Nesse processo, nem há garantias de coincidências nos sentidos e significados que estão em negociação e elaboração, seja dentro ou fora da escola (VIGOTSKI, 2001, BAKHTIN, 2009). Nas interações propiciadas na escola, como as que envolvem representações de partículas submicroscópicas, o professor utiliza-se de gestos que rompem com visões estáticas das moléculas, por exemplo. Tais significados, aliados ao discurso, às expressões faciais e à entonação da voz do professor articulam-se na constituição da significação de pensamentos e linguagens que acompanham o processo de ensino de Ciências/Química e o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Ao considerar o exposto, é coerente a compreensão, já anteriormente defendida, de que as significações de assuntos, conceitos e conteúdos que envolvem representações de partículas submicroscópicas não são feitas exclusivamente a partir dos conceitos espontâneos ou do senso comum, mas pelo acesso e uso de uma forma de pensamento, linguagem e compreensão bastante específica, que envolve, de alguma forma, teorias e ideias representativas de ‘entidades’ simbólicas, culturalmente criadas, antes, nas Ciências, a exemplo de átomos, elétrons, íons, moléculas, ligações intra e intermoleculares (SANGIOGO; ZANON, 2009). A compreensão química sobre as imagens não é transparente. As imagens evocam nos indivíduos distintas percepções que são decorrentes da sua experiência anterior, de sua história e cultura. Logo, é natural que uma imagem remeta a diferentes compreensões sobre o que é representado e haja a tendência dos estudantes de se prenderem a informações sensoriais, de permanecer no nível macroscópico, caso seus conhecimentos anteriores não sejam considerados, discutidos e ampliados, articuladamente, com conhecimentos de nível submicroscópico (GIORDAN, 2008).

### **3.3 A constituição dos modos de ver, pensar e agir no ensino de Ciências/Química**

Ao considerar o referencial histórico-cultural, observa-se que a teoria sobre o conhecimento de Fleck (2010) complementa e possibilita uma melhor compreensão sobre os processos de ensino e de aprendizagem do contexto escolar (e fora dele) ao deslocar o eixo duplo

e simplista sujeito-objeto e ao discutir sobre a constituição de *estilos de pensamento* (EP) que permeiam as práticas, linguagens e pensamentos químicos<sup>14</sup>. Sua teoria amplia discussões relacionadas a perspectivas construtivistas de ensino, como as abordagens histórico-culturais, ao inserir novos elementos, a exemplo do conceito de EP, como a circulação intercoletiva de ideias e práticas que possibilita novos olhares sobre o desenvolvimento humano-social (o convergir com aspectos defendidos por Vigotski), em que as interações intersubjetivas configuram o intrapsíquico de estudantes e professores. Fleck possibilita avanços quanto à percepção de questões epistemológicas que configuram o conhecimento e sua produção, como a percepção de um modo orientado de ver e agir de um determinado coletivo de cientistas, a exemplo dos químicos e dos educadores químicos, associado a não transparência das linguagens (fala, escrita, imagens, etc.) usadas nas aulas de Química.

Uma das potencialidades do referencial fleckiano diz respeito ao repensar aspectos que configuram o que pesquisadores da Didática das Ciências chamam de recontextualização ou *processo de mediação didática*<sup>15</sup> (LOPES, 1999), ao discutir sobre a circulação intercoletiva de EP, em especial, para melhor entender os processos intra e intersubjetivos que se configuram pelas interações sociais e que constituem a singularidade e coletividade de indivíduos que são histórica e culturalmente constituídos por diferentes grupos sociais. Apesar de Vigotski possibilitar amplas discussões sobre a incorporação de conhecimentos e práticas que se objetiva ensinar na escola, na disciplina de Química, Fleck (2010), com a categoria de *circulação intercoletiva*, contribui ao pensar na transformação do conhecimento, da recontextualização do conhecimento científico ao conhecimento aprendido, sua disseminação, ou seja, ao pensar no ensino e na

---

<sup>14</sup> Discussões desenvolvidas neste item trazem recortes, com partes ampliadas e reescritas, do artigo publicado nos Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ), cujo título é “Potencialidades da abordagem psico-sócio-histórico-cultural da epistemologia de Fleck aos processos de ensino e aprendizagem em Ciências”, de autoria de Fábio André Sangiogo e Carlos Alberto Marques.

<sup>15</sup> Resumidamente, pode-se definir o *processo de mediação didática* como transformação dos conhecimentos científicos em conhecimentos escolares que possibilitam o desencadeamento do ensino (conhecimento ensinado) e da aprendizagem (conhecimento aprendido) de conteúdos/conceitos que são objeto de estudo (saber a ensinar) pelos estudantes (LOPES, 1999).

incorporação de um estilo próprio de pensar e agir, na inserção, extensão e transformação de linguagens e pensamentos, tais como os que envolvem o conhecimento químico escolar e suas representações. Aspectos que reforçam e complementam a abordagem histórico-cultural, além de apontar para um aspecto pouco explorado na área de ensino de Ciências a partir de Fleck.

O autor, ao estudar sobre a gênese da reação de Wassermann, “valoriza o contexto histórico-psico-cultural ao analisar como se processa a introdução de um cientista numa nova forma de pensar, ou, como ele denomina, num novo ‘estilo de pensamento’” (DELIZOICOV et al., 2002, p. 52). Para Maia (2008), “Fleck possui o olhar sócio-histórico necessário para se pensar a linguagem como um modo de ação construtor de sentidos sobre a realidade e também como constitutivo dos próprios falantes-agentes” (p. 14). O referencial remete para uma abordagem que poderíamos chamar de psico-sócio-histórico-cultural, pois seu estudo considera os aspectos do desenvolvimento cognitivo de cada sujeito e grupo de sujeitos que carregam determinados EP (FLECK, 1986, 2010) que possibilitam ver e interpretar o mundo de uma determinada forma. O conhecimento é social, determinado historicamente e dependente do contexto vivenciado por cada indivíduo e grupo de indivíduos (de um ou mais coletivos de pensamentos).

O autor contribui com aspectos que constituem EP de indivíduos e comunidade de indivíduos, seja na área das Ciências da Natureza, Ciências Humanas ou da “Ciência Popular”. Esta última relacionada aos conhecimentos e práticas oriundos do contexto cotidiano de não especialistas (leigos com formação geral), ao círculo exotérico, ou seja, “a ciência popular não é considerada por ele [Fleck, 1986] como uma ciência que se preste à iniciação científica, mas que tem importância na circulação intercoletiva de ideias” (DELIZOICOV, N., 2002, p. 66). A escola é um espaço instituído que desempenha uma função específica de propiciar aprendizagens à luz das CNT, mas pensar para além da escola significa visualizar indivíduos em processos permanentes de formação, além do que se aprende na escola ou em uma disciplina específica.

Fleck (1986) “vai construindo e exemplificando, em várias circunstâncias da análise histórica apresentada, o significado de estilo de pensamento” (DELIZOICOV, 2009, p. 249), e talvez, por isso, seja difícil expor uma definição unívoca sobre o termo; muito embora se possa apresentar “uma caracterização bastante exemplificada sobre o que faz um estilo de pensamento” (*idem*, p. 249). N. Delizoicov (2002) identifica diversos elementos que agregam significados à categoria de EP, tais como:

Corpo de conhecimentos (p. 48, 61, 144); diferentes enfoques entrelaçando-se: elementos teóricos e práticas (p.50); possui uma linguagem específica (p. 89-90); utiliza determinados termos técnicos (p. 129); significador de conceitos (p. 146); como determinante de fatos (p. 143); sistema fechado de crenças (p. 51, 74, 89, 90, 101); algo que está em progressiva transformação (p. 52, 76, 97); complexo processo de formação intelectual (p. 56, 57, 85, 100, 101); forma de conceber problemas (p. 67, 85); sistema estrutural que resiste tenazmente a tudo que o contradiz (p. 74); concepção dominante ou vigente (p. 75); uma espécie de harmonia das ilusões (p. 75, 93); agregação de ideias admissíveis (plausíveis), fechadas e idôneas (aptas) para a divulgação (p. 77, 126); algo que molda a formação (p. 81, 94); estruturador/indicador das conexões entre sujeito e objeto (p. 86, 87, 130); disposição para um perceber dirigido, orientado para ver e agir de uma maneira e não de outra (p. 111, 139); dando forma, conformidade ao fato (p.130); direcionador da observação (p. 134, 145); determinado psíco/sócio/historicamente (p. 48, 145); estilo técnico e literário do sistema do saber (p. 145). (DELIZOICOV, N. 2002, p. 56).

Os sentidos de EP recolhidos pela autora (2002) na obra de Fleck (1986) permitem uma boa compreensão sobre o que seria e como se daria a constituição de conhecimentos e práticas de um EP no nível intrapsíquico, isto é, que orienta um modo de ver, pensar e agir. Os sentidos apontam para a noção de que os sujeitos podem ter leituras diferentes, pois indivíduos ou comunidades “carregam” marcas do seu contexto sócio-histórico quanto a percepções sobre uma mesma situação vivenciada, uma imagem ou um conceito químico. São leituras distintas, mas não necessariamente equivocadas, embora um olhar possa ser mais fundamentado teórica e conceitualmente de modo a ter uma consistência maior que outra, por ser analisado por parâmetros históricos e lógicos. Isso implica que as matrizes que compõem o EP remetem para a constituição do sujeito que tem singularidades decorrentes de seu contexto social e da cultura que pertence.

Fleck ressalta a influência do contexto sociocultural e o papel das complicações<sup>16</sup>, da força coercitiva de pensamento e da circulação intercoletiva no estilo de pensamento quando se busca a inserção de um sujeito num determinado coletivo de pensamento, como o conhecimento químico. O autor entende que os sujeitos se apropriam de um estilo através de um processo de internalização, mediatizado pela circulação intra e intercoletiva, que tem origem nas interações histórico-culturais mediadas pelo outro (especialistas, manuais, livros, tecnologias de informação e comunicação). Ele ajuda em discussões sobre disseminações de conhecimentos, como os que a escola intenciona ensinar. Os EP compartilhados por cada sujeito (constituente do intrassubjetivo), ou grupo de sujeitos, são situados num determinado momento histórico e num cenário social e cultural, mas suscetíveis a processos permanentes de (re)construção. Essa compreensão abrangente possibilitaria traçar estratégias de ensino que tenham maior potencialidade de ampliar, instaurar e transformar EP de sujeitos cognoscentes. Afinal, o que é preciso para que os sujeitos se apropriem de um EP específico, a exemplo do ensinar Ciências e sobre Ciências na escola? Como se pode desenvolver a disposição à percepção direcionada, como os conhecimentos e práticas inerentes à formação de biólogos, químicos e educadores químicos?

No cenário educacional, por exemplo, um dos aspectos defendidos como importantes para propiciar o processo de ensino é a necessidade de o indivíduo responder a um problema, o que remete para a função do problema nos processos de ensino e de aprendizagem de Ciências, tal como discute Gehlen (2009), com base em Vigotski e Freire.

Os processos de instauração, extensão ou transformação de conhecimentos e práticas estão imbricados à necessidade de se tomar consciência, de haver a complicação *sobre* e *de* conhecimentos e práticas já estabelecidos ou que estão em construção (FLECK, 1986, 2010). Após a consciência da complicação pelo sujeito, a exemplo da compreensão de que determinado EP não dá conta de responder a um problema, a circulação intercoletiva assume um papel importante na construção do novo EP que está intrinsecamente relacionado ao conjunto de conhecimentos e práticas do sujeito/estudante.

[...] é a circulação intercoletiva de ideias a responsável pela disseminação, popularização e

---

<sup>16</sup> Bachelard, Vigotski e Freire defendem o papel dos *problemas* na produção de conhecimentos. Fleck utiliza o termo *complicação*. (GEHLEN, 2009).

vulgarização dos estilos de pensamentos para outros coletivos de não-especialistas, que constituem círculos exotéricos relativamente a um determinado círculo esotérico. Como não poderia deixar de ocorrer, nesta circulação intercoletiva, há simplificação no conhecimento disseminado. (DELIZOICOV, 2009, p. 252)

Delizoicov (2009), com base em Fleck, ressalta o papel da educação escolar e do professor de Ciência na circulação de ideias e práticas que podem transformar EP, ou seja, “o professor é um dos mediadores no processo educativo escolar que torna possível a apropriação pelos alunos de elementos que pertencem aos vários dos estilos de pensamento produzidos” (p. 252) por outros coletivos, como de cientistas e historiadores. Isso acontece, evidentemente, quando “o processo educativo for bem sucedido” (p. 252). “O processo educativo escolar pode ser visto como um processo sistemático de disseminação<sup>17</sup> de conhecimentos produzidos por um círculo esotérico constituído por coletivos de pensamentos científicos mediatizado por um círculo exotérico de leigos formados” (DELIZOICOV, 2004, p. 167). Na educação básica, por exemplo, os professores compartilham conhecimentos e práticas de modo a “formar um círculo exotérico mais externo e amplo de leigos, que é composto por estilos de pensamento compartilhados pelos alunos” (p. 167).

Diferentemente dos cientistas, que participam de um círculo esotérico, quem faz parte do grupo exotérico não formula e não resolve problemas típicos ao grupo esotérico. Nessa perspectiva, outro tipo de conhecimento é ensinado e formulado aos estudantes, um conhecimento que contém fundamentos específicos ao campo que se pretende ensinar, mas que, ao mesmo tempo, não é o conhecimento científico, pois houve um processo de didatização, de modo que os mesmos pudessem ser disseminados a um determinado grupo exotérico (de estudantes), por meio de estratégias de ensino desenvolvidos na escola, internet, etc. A transformação do conhecimento científico em outro tipo de

---

<sup>17</sup> “Obviamente a disseminação de conhecimentos científicos não se restringe à educação escolar. Há outros meios que contribuem e, ao fazerem isto, introduzem distintos níveis de simplificação e, não raramente, equívocos conceituais. Tem crescido nos últimos anos a pesquisa em Ensino de Ciências que tem como objeto de investigação os espaços informais de disseminação, como por exemplo, museus e revistas de divulgação científica.” (DELIZOICOV, 2004, p. 167).

conhecimento (o escolar) é fundamental para que possa ocorrer a circulação intercoletiva. No processo de ensino e aprendizagem, a distância entre EP do estudante (oriundo de conhecimentos cotidianos) e EP usado pelo professor no ensino (oriundo de conhecimentos cotidianos e científicos - da Química, Pedagogia, Epistemologia) não pode ser muito distante para que haja incorporação de relação intersíquicas em intrapsíquicas. Cabe ressaltar que os estudantes podem pertencer a distintos grupos exotéricos, e caso haja a vinculação do mesmo na iniciação a um determinado campo do saber, como a formação de um Técnico em Química, há a iniciação do mesmo em um grupo esotérico. Nesse sentido, Fleck ajuda a entender as distintas relações das pessoas que, na escola, fundamentam-se com a disseminação de conhecimentos de diferentes coletivos sociais e historicamente sistematizados que ajudam no enfrentamento de problemas, na constituição de um “ver” direcionado. Logo, não basta se “apropriar” de conhecimentos novos, é preciso fazer uma pergunta e resolvê-la à luz de um conhecimento historicamente construído, tais como os que envolvem as Ciências, a Química.

A circulação intercoletiva possibilita a ampliação de referenciais ou a “oxigenação” do pensamento. No entanto, um conhecimento novo sobre a Ciência nem sempre é produzido sozinho pelo sujeito: necessita-se do outro, do especialista (na escola, o professor) e da interação social, produto da história e das culturas, no enfrentamento que se origina na busca de soluções aos problemas. “Ao estabelecer o social como o fundamento a partir do qual engendramos nossas ações e entendimentos, Fleck abandona qualquer tipo de categorização *a priori*”, pois concebe “o caráter da ciência como uma atividade social e coletiva” (Prefácio do livro, FLECK, 2010, pp. xii-xiii), superando visões inatistas do indivíduo ou de sujeitos dotados de uma razão universal. Ele discute a importância das interações socioculturais no processo de construção do conhecimento de modo a considerar fatores externos à Ciência, para além dos conhecimentos resultantes do permanente amadurecimento histórico do círculo esotérico.

Fleck (2010, p. 69) salienta que “uma vez formado, um sistema de opinião elaborado e fechado, constituído de muitos detalhes e relações, persiste continuamente diante de tudo que o contradiga”. Esse entendimento aplicado a situações de ensino, tendo como exemplo as Ciências da Natureza, remete para a necessidade de práticas que desestabilizem sistemas conceituais que se desejam instaurar e que muitas vezes são impermeáveis a um novo EP. Algumas vezes, os estudantes têm concepções e conceitos com estruturas tenazes e efetivas

na resolução de problemas, a exemplo da ideia de que o casaco esquenta ou de que o “Ar puro” é constituído somente por gás oxigênio. Nesse sentido, escritos como os de Bachelard apontam para a vigilância epistemológica ao acesso de conhecimentos que sejam coerentes com a Ciência/Química por parte do professor.

No caso do ensino de Ciências, a instauração, extensão ou transformação de um EP por parte dos estudantes necessita da inserção de num novo pensar, da "aceitação" de pressupostos teóricos (como produto sociocultural e histórico), a exemplo de átomos e substâncias, que permitem pensar e agir sobre a realidade de modo diferente. Isso possibilita a ampliação de uma estrutura interligada de conceitos (que incluem os já instaurados e significados socialmente pelo estudante) que orientam o pensar e o agir. Outras vezes são necessárias mudanças na estrutura de pensamento, de conflitos e negociações, ou inserir novos conceitos e estruturas de pensamento que desestabilizem as ideias anteriores, ainda que conhecimentos adquiridos no contexto cotidiano permaneçam em uso em situações práticas.

Fleck constata a necessidade de se oferecer ao estudante (iniciante no EP da Química) um saber orientado, uma força coercitiva de pensamento, o controle de sentidos em instauração, para que ele consiga perceber e agir de modo coerente com o EP. A coerção do pensamento, na escola, por exemplo, permite que o sujeito tenha percepção e explicações sobre o nível atômico-molecular que, na experiência com outros grupos culturais (familiares, amigos, etc.), dificilmente seriam possíveis:

A percepção da forma (*Gestaltsehen*) é a ‘pura questão do estilo de pensamento’. Em oposição a isso, consta o ver inicial e impreciso, por si só ainda sem estilo, não orientado, caótico. Falta-lhe, de certo modo, aquilo que há de fixo nesse estágio; falta o fato. Fatos, ou ainda, a realidade, não se oferecem de modo simples e imediato, mas devem ter sua gênese numa relação específica do percebido com o coletivo de pensadores. O percebido deve ser experienciado no coletivo de pensadores como resistência ao ver arbitrário e sem forma. (FLECK, 2010, pp. 16-17).

A coerção do pensamento é necessária para se ingressar num *coletivo de pensamento* (FLECK, 2010), como do conhecimento químico, sua linguagem e pensamentos em nível submicroscópico. Para interpretar uma imagem representativa de partícula submicroscópica é



preciso orientar o olhar para “ver” aquilo que aos olhos não treinados, ou sem um determinado estilo, não seriam capazes de perceber. A aprendizagem – na Ciência, arte e religião – exige um tempo que é marcado por “uma sugestão puramente autoritária de ideias [...]. Qualquer introdução didática, portanto, é literalmente uma ‘condução-para-dentro’, uma suave coação” (FLECK, 2010, p. 155). “A tradição, a educação e o hábito” são fatores que geram “*uma disposição para sentir e agir de acordo com um estilo, isto é, um sentir e agir direcionados e restritos*” (FLECK, 2010, p. 133, grifo do autor).

Em outra perspectiva, ainda que com alguma semelhança, Mortimer e Scott (2002) ressaltam o importante papel dos ciclos de *discutir, trabalhar e rever* conhecimentos em estudo no ensino de Ciências.

Se o objetivo do ensino é fazer com que os estudantes desenvolvam um entendimento do tópico em estudo, esses estudantes devem engajar-se em atividades dialógicas, seja de forma interativa ou não interativa<sup>18</sup>: participando de, ou escutando a, uma interação dialógica entre o professor e a classe; discutindo idéias com seus colegas em pequenos grupos; pensando sobre as idéias. Seja de que forma isso se concretize, cada estudante precisa ter a oportunidade de trabalhar as novas idéias, ‘especificando um conjunto de suas próprias palavras’ em resposta a essas idéias, para que possa apropriar-se dessas idéias, torná-las suas próprias idéias.

Ao mesmo tempo em que reconhecemos a importância fundamental das atividades dialógicas para que os estudantes produzam significados, é a *professora* quem tem responsabilidade por

---

<sup>18</sup> Mortimer e Scott (2002) diferenciam em quatro classes o papel do professor ao conduzir o discurso em sala de aula: “elas são igualmente aplicáveis para caracterizar as interações que ocorrem apenas entre estudantes, por exemplo em pequenos grupos: **a. Interativo/dialógico:** professor e estudantes exploram idéias, formularam perguntas autênticas e oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista; **b. Não-interativo/dialógico:** professor reconsidera, na sua fala, vários pontos de vista, destacando similaridades e diferenças; **c. Interativo/de autoridade:** professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma seqüência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico; **d. Não-interativo/ de autoridade:** professor apresenta um ponto de vista específico.” (p. 288, destaque dos autores).

desenvolver a estória científica. Os estudantes podem discutir por uma eternidade as formas pelas quais carrinhos descem um plano inclinado e nunca chegam às grandes idéias contidas nas Leis de Newton para o movimento. Faz parte do trabalho do professor intervir, introduzir novos termos e novas idéias, para fazer a estória científica avançar. Intervenções de autoridade são igualmente importantes e parte fundamental do ensino de ciências. Afinal, a linguagem social da ciência é essencialmente de autoridade. (p. 302)

No processo de ensino de Ciências, necessita-se da inserção de linguagens específicas oriundas dos modelos teóricos historicamente construídos e aceitos por uma comunidade científica que, na escola, são recontextualizados para uma nova percepção sobre a realidade vivenciada pelos estudantes. No processo educativo trata-se de compreender, pela análise comparativa de Fleck, que existem conhecimentos histórica e culturalmente “mais eficientes” para a explicação a respeito do que seja a realidade, ou seja, conhecimentos que resolveriam problemas que conhecimentos históricos anteriores não resolveriam de modo consistente, a exemplo dos limites do modelo de Dalton para entender as interações envolvidas nas ligações químicas e forças intermoleculares.

No ensino é importante a compreensão de que conhecimentos e práticas “circul[e]m de indivíduo para indivíduo, sempre com alguma modificação, pois outros indivíduos fazem outras associações. A rigor, o receptor nunca entende um pensamento da maneira como o emissor quer que seja entendido” (FLECK, 2010, p. 85). Isso faz com que cada sujeito se aproprie de uma situação que lhe é ensinada de um modo específico, ou mesmo de uma leitura realizada, pois há a participação em diversos grupos sociais e a interpretação depende das associações com uma matriz conceitual já instaurada ou significada pelo indivíduo. Logo, se pensarmos o ensino de um conceito, é importante que os sentidos das palavras sejam constantemente negociados pelo professor, a fim de evitar interpretações distintas sobre conhecimentos e práticas relativos a um determinado coletivo de pensamento (como o conhecimento químico) no enfrentamento de um problema. Essa compreensão é compatível com a perspectiva bachelardiana que remete para a relevância da vigilância epistemológica ao acesso de aspectos conceituais (de modelos teóricos e suas representações) e relativos à

natureza da Ciência, como os defendidos nesta tese. Segundo Lopes (2007, p, 27):

O conceito de vigilância epistemológica baseia-se na noção de vigilância intelectual de Bachelard. A vigilância intelectual, propriamente epistemológica, contrapõe-se à vigilância intelectual simples. A vigilância intelectual simples é a que espera um fato definido, a localização de um fato caracterizado. É a consciência que um sujeito tem do objeto: consciência tão clara que sujeito e objeto se esclarecem ao mesmo tempo. Nesse sentido, é a atitude de um sujeito cognoscente empirista. A vigilância epistemológica, ou vigilância intelectual, ou ainda vigilância da vigilância, é o ato de vigiar não apenas a explicação do método, mas o próprio método. Exige que se ponha o método à prova, mas também que se arrisque, na experiência, as certezas racionais. Exige, também, a análise dos obstáculos que impedem o desenvolvimento do conhecimento científico e mascaram as rupturas do saber. Com isso, é a razão que visa a destruir o absoluto do método, da razão e dos fatos (Bachelard, 1977).

Delizoicov et al. (2002, pp. 57-58, com base em FLECK) assinalam que “existem matizes de estilo de pensamento que configuram distanciamentos (ou aproximações) entre os modos de ver estilizados. Estes tons permitem retraduzões do fato científico por determinado coletivo dentro de seu estilo ou os tornam incomensuráveis”. É importante ter a clareza de que os modos de ver e pensar do estudante não são os mesmos do professor e/ou do cientista, assim, torna-se importante certa aproximação com as linguagens e pensamentos daquele a partir de, por exemplo, textos didáticos e práticas educativas que propiciem a circulação intercoletiva quando há consciência dos problemas que se quer enfrentar/resolver. "O processo do conhecimento não é o processo individual de uma ‘consciência em si’ teórica; é o resultado de uma atividade social, uma vez que o respectivo estado do saber ultrapassa os limites dados a um indivíduo" (FLECK, 2010, pp. 81-82). Portanto, ao pensar a escola, entende-se que não é qualquer concepção de educação que possibilita o diálogo estudantes e professor. Com base na categoria da complicação de Fleck, podemos entender a

importância do processo educativo a partir de problemas que sejam significativos para os estudantes, originando as primeiras complicações.

Por fim, a *teoria comparada do conhecimento* desenvolvida por Fleck (2010) ajuda a pensar sobre o ensino e a aprendizagem, permite “investigar como as concepções, ideias pouco claras, circulam de um estilo de pensamento (*Denkstil*) para o outro, como surgem enquanto pré-ideias espontâneas e como se conservam, graças a uma harmonia da ilusão, enquanto formações persistentes e rígidas” (p. 70), para compreender o “estado” atual do conhecimento produzido. Nesse sentido, ela não deixa de ser uma espécie de metodologia ou estratégia possível de ser desenvolvida para se compreender a estrutura conceitual ou evolução das “unidades estilísticas” (FLECK, 2010, p. 70) que constituem um indivíduo ou um coletivo de indivíduos. É certo que se torna inviável um professor desenvolver uma análise aprofundada – como a desenvolvida por Fleck – em uma turma de alunos de uma escola, embora a identificação de alguns aspectos seja viável e necessária, a exemplo da identificação de problemas significativos e de ideias prévias que constituem o pensamento de um conjunto de estudantes, para que o aprendizado melhor se desenvolva à luz dos conhecimentos científicos estudados na escola (DELIZOICOV, 2007).

Retomando compreensões do capítulo anterior em que se ressaltava o terceiro elemento (o EP) na relação ente sujeito e objeto do conhecimento, entende-se que os estudantes e os professores, em sala de aula, analisam e produzem conhecimentos via EPs determinados pelas relações sócio-histórico-culturais com sujeitos e objetos cognoscentes. Não temos acesso ao pensamento do outro, as representações de partículas submicroscópicas elaboradas ou usadas nas aulas de Química, por estudantes ou professores, não são transparentes quanto aos significados que lhes foram atribuídos. O sujeito possui certos conhecimentos e práticas, alguns mais e outros menos estáveis, que se constituem e se transformam em diferentes contextos sociais. No entanto, pensar o ensino, remete pensar sobre como desestabilizar determinadas crenças que mantêm um sistema conceitual provisoriamente sustentável e resistente a mudanças na explicação de determinadas situações cotidianas, como a ideia de que um casaco esquenta, diferente da explicação científica que nos diz que ele é um bom isolante térmico.

Uma das propostas para a organização dos programas escolares nos documentos oficiais nacionais é a abordagem por Temas ou projetos temáticos que estabeleçam significado ao conhecimento escolar, pois contemplam relações interdisciplinares e contextuais ao ensino de CNT

(BRASIL, 2002, 2006, 2010, 2012). O estudo de uma temática, em sala de aula, pode ser uma possibilidade de abarcar aspectos como os apresentados, a exemplo da proposta de reorganização curricular com base na *Situação de Estudo* (MALDANER; ZANON, 2004), abordagem com ênfase em Ciência-Tecnologia-Sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2002) e a abordagem temática freiriana (DELIZOICOV, 2008).

Ao estudar uma temática, como “O Ar atmosférico: o Ar que respiramos”, a disciplina escolar Química tem contribuições importantes, a exemplo da compreensão sobre a estrutura da matéria, a constituição e transformação da matéria, a origem e as consequências da poluição, etc. Nessa abordagem, conhecimentos tácitos (do cotidiano), por vezes, não são suficientes, podendo ser problematizados, possibilitando, assim, junto ao conhecimento científico escolar, novas compreensões e ações na sociedade. Há também a busca pelo estabelecimento de articulações com conhecimentos já apropriados e significados pelos sujeitos envolvidos – professores e estudantes (sujeitos em aprendizagem permanente). Os estudantes se apropriam de um modo específico de ver, agir e pensar via disseminação de conhecimentos e práticas e no enfrentamento de problemas.

Ao considerar os pressupostos epistemológicos e educacionais explicitados e os objetivos do presente trabalho, a seguir, apresenta-se a metodologia da pesquisa.



## 4 ORGANIZAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA

Neste capítulo, apresenta-se a organização do percurso metodológico da pesquisa, as etapas para o planejamento e a implementação do módulo de ensino, os procedimentos de coleta e análise de dados, bem como as justificativas que buscam atender aos objetivos e as respostas às questões de pesquisa. Estas buscam entender como ocorre a elaboração conceitual sobre representações de partículas submicroscópicas que permeiam atividades planejadas e desenvolvidas no contexto de aulas de Química do ensino médio, discutindo implicações pedagógicas e epistemológicas aos processos de ensino e de aprendizagem de conhecimentos escolares.

A pesquisa, de natureza qualitativa e interpretativa, analisa, à luz da literatura, dados produzidos a partir de interações entre distintos sujeitos de pesquisa (MORAES; GALIAZZI, 2011). Trata-se de uma pesquisa que envolve o contato direto do pesquisador no ambiente e na situação investigada, coparticipando dos espaços interativos em que os sujeitos se manifestam acerca do objeto em estudo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Nesse sentido, o professor/pesquisador atua ao mesmo tempo na condição de observador e de participante das interações nas quais ele também faz parte como sujeito de pesquisa. Embora o sujeito seja o mesmo, atua prioritariamente no papel de professor no momento das aulas, e atua prioritariamente no papel de pesquisador na análise dos dados, ou seja, as funções e as atitudes são distintas ao papel que lhe cabe em cada momento.

Maldaner (2003) destaca a importância da articulação entre a formação docente em Química e a pesquisa, tendo em vista a complexidade dos conhecimentos e práticas da ação educativa, e chama esse profissional de *professor/pesquisador*<sup>19</sup>. O professor/pesquisador faz um trabalho de “formação continuada como inerente ao exercício profissional de professor, de complexidade crescente”, de modo que “cria/recria a sua profissão no contexto da prática” (p. 391), o que implica em mudanças nas concepções e práticas do trabalho docente. Maldaner (2003), com base em Schön (1992) e em Moreira (1995), compreende que:

---

<sup>19</sup> Embora a pesquisa apresentada neste trabalho não tenha sido planejada no coletivo de professores da escola, como propõe Maldaner (2003), optou-se pela denominação de professor/pesquisador pelo fato da categoria corresponder à perspectiva de professor/pesquisador que defendemos.

a pesquisa é exigência profissional do professor porque sua ação dá-se sobre o real, que é complexo, único, contém incertezas e não permite soluções-padrão. [...] Ela permite o compromisso com o avanço do conhecimento pedagógico e com o seu aperfeiçoamento profissional. [...] A pesquisa é aquela que acompanha o ensino, o modifica, procura estar atenta ao que acontece com as ações propostas no ensino, aponta caminhos de redirecionamento, produz novas ações, reformula concepções, produz rupturas com as percepções primeiras, etc. (pp. 90 e 243).

Antes do desenvolvimento dos módulos de ensino, com base em investigações anteriores (SANGIOGO, 2010; SANGIOGO; ZANON, 2012), buscou-se organizar a pesquisa nas seguintes etapas:

- contatos com a direção de uma escola e professores de Química do ensino médio (de Florianópolis) para convite e encaminhamento relativo à ação em parceria colaborativa, que possibilite o espaço para o desenvolvimento do processo de ensino de um assunto/conteúdo da área das CNT, envolvendo estudantes da 1ª e 2ª séries do ensino médio (em aulas de Química), na qual o pesquisador atua como professor. A escolha dessas séries deve-se ao fato dos estudantes estarem em fase de (re)construção e desenvolvimento de conceitos básicos de CNT, entre os quais, os conhecimentos em nível submicroscópico, de átomos, moléculas, substâncias, etc. No processo de elaboração conceitual, como os mencionados, mobilizaram-se pensamentos, linguagens e ações que envolviam o emprego de representações de partículas submicroscópicas na interpretação de uma diversidade de situações vivenciais típicas a explicações que permeiam as aulas de Química do ensino médio e situações do dia a dia dos estudantes;

- contatos em contexto escolar para negociações e encaminhamentos relativos aos registros (gravação em vídeo) das interações dos sujeitos;

- realização de reuniões de planejamento sobre o processo de ensino com professores de Química das turmas envolvidas no módulo de ensino. As reuniões objetivam conhecer os conteúdos que os estudantes haviam ou estavam trabalhando, a fim de traçar discussões que estivessem em sintonia com as aulas em execução, bem como a colaboração do professor para auxílio em sugestões e encaminhamentos sobre a temática do material em planejamento.

Salienta-se que a pesquisa contemplou os princípios da ética e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da



Universidade Federal de Santa Catarina, em acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde 196/96, sobre pesquisa que envolve seres humanos (Anexo 01). Os sujeitos participantes, após serem informados sobre a pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (Apêndice I).

Resumidamente, pode-se dizer que a pesquisa tem natureza qualitativa (LÜDKE, ANDRÉ, 1986), cujo percurso metodológico envolveu o planejamento da abordagem temática intitulada “Poluição do Ar: o Ar que respiramos”. Implementou-se a proposta em duas turmas do ensino médio, uma do 1º ano (com 30 alunos) e outra do 2º ano (com 23 alunos), ambas de uma escola pública estadual de Florianópolis/SC, no contraturno dos estudantes, no âmbito do programa Ensino Médio Inovador<sup>20</sup> (EMI). Planejaram-se também questionários e entrevistas semiestruturadas (reuniões) com grupos de estudantes. As aulas e entrevistas foram gravadas e transcritas. Na turma do 1ª ano foram desenvolvidas doze horas/aula de 45 minutos e na turma do 2º ano nove horas/aula de 45 minutos, ambas no 2º semestre de 2011. A organização e a análise das interlocuções dos sujeitos (aulas, entrevistas, questionários) fundamentam-se na *análise microgenética* (GÓES, 2000) e na *análise textual discursiva* (MORAES; GALIAZZI, 2011). Salienta-se também que o pesquisador atua, ao mesmo tempo, na condição de observador e de participante das interações, nas quais faz parte como sujeito de pesquisa, na perspectiva da formação de um professor/pesquisador (PP), ou seja, na articulação entre a formação docente e a pesquisa em Educação Química (MALDANER, 2003).

#### **4.1 Um olhar nas produções relacionadas ao tema de pesquisa**

Para além de leituras de cunho teórico que referenciam esta pesquisa (como, por exemplo, Vigotski, Bachelard, Hessen, Fleck, Bakhtin e alguns de seus comentadores), buscou-se na base do Portal da CAPES por teses e dissertações que pudessem contribuir no âmbito do material produzido sobre o núcleo temático desta pesquisa (abaixo são elencados os termos das afinidades temáticas) em dados que contemplam o portal até o dia 24/07/2012 (a primeira busca realizou-se

---

<sup>20</sup>Mais informações e objetivos do Programa Ensino Médio Inovador (BRASIL, 2009) estão disponíveis em:  
[http://gestao2010.mec.gov.br/marcos\\_legais/decree\\_102.php](http://gestao2010.mec.gov.br/marcos_legais/decree_102.php).

no dia 28/10/2011), nas informações do título, palavras-chave e resumo, com todas as palavras abaixo referidas:

- 1) representações de estruturas submicroscópicas (2 trabalhos);
- 2) representações de entidades químicas (14 trabalhos);
- 3) modelo, imagem, ensino de química (4 trabalhos);
- 4) modelo, representação, ensino de química (44 trabalhos);
- 5) modelo, representação, imagem, ensino de ciências (4 trabalhos); e
- 6) representações de partículas submicroscópicas (2 trabalhos).

As palavras foram selecionadas pela afinidade com a temática de pesquisa. As seis buscas resultaram em um total de 70 trabalhos entre teses e dissertações, das quais 30 têm alguma relação com a pesquisa e parecem estabelecer alguma contribuição para a área de Educação ou Ensino de Ciências.

Realizou-se também a busca na base de dados do Scielo ([www.scielo.org/](http://www.scielo.org/)) com as palavras-chave (em português e inglês) de artigos (totalizaram-se 277 artigos, dos quais 33 têm potencial para contribuir com a pesquisa):

- representações de estruturas submicroscópicas - *representations of submicroscopic structures*(0); representações de entidades químicas - *representations of chemical entities* (0); representações de partículas submicroscópicas - *representations of submicroscopic particles* – (0) e também no singular (0);
- modelo, ensino de ciências (17), *model, science education*<sup>21</sup> (82), modelos, ensino de ciências (17), *models, science education* (36), modelos, ensino de química (2), *models, chemistry education* (6), modelo, ensino de química (3), *model, chemistry education* (10);
- representação e ensino de ciências (9), *representation, science education* (13), representações e ensino de ciências (18), *representations, science education* (20), representação e ensino de química (1), *representation, chemistry education* (1), representações e ensino de química (0), *representations, chemistry education* (2);
- imagem e ensino de ciências (4), *image, science education* (14), imagens e ensino de ciências (8), *images, science education* (12), imagem e ensino de química (1), *image, chemistry education* (1), imagens e ensino de química (0), *images, chemistry education* (0).

A revisão, para além de dialogar com pesquisas da área, tem o propósito de sustentar argumentos defendidos na tese, especialmente as

---

<sup>21</sup> Usou-se “education” e não “teaching” pelo fato de ser um termo mais amplo e que englobava um número maior de trabalhos.

discussões desenvolvidas na análise do *corpus* da pesquisa (ainda que vários dos trabalhos selecionados não sejam citados, tendo em vista a coerência, os referenciais e objetivos que são distintos aos da nossa pesquisa).

## 4.2 O Módulo de Ensino

Com vistas a incorporar os pressupostos pedagógicos e epistemológicos defendidos, e coerentes com as Orientações Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006), trabalhou-se com uma organização curricular balizada na Abordagem Temática (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009; HALMENSCHLAGER, 2010). Na literatura há uma variedade de pesquisas que defendem tais propostas, a partir da reconfiguração dos currículos da educação básica, a exemplo dos Temas Estruturadores (BRASIL, 2002), da Situação de Estudo (MALDANER; ZANON, 2004), da Abordagem Temática Freiriana (DELIZOICOV, 2008) e da Abordagem com ênfase nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2002).

A temática desenvolvida na escola (ou módulo de ensino) intitulou-se “Poluição do Ar: o Ar que respiramos”, e teve como base de planejamento, a Situação de Estudo (SE) “Ar atmosférico: Uma porção do mundo material sobre a qual se deve pensar” (MALDANER, 2007). A escolha também se deve ao fato da consonância entre os referenciais apresentados nesta pesquisa com os aspectos teóricos defendidos no âmbito das SE. Ao longo da tese, usa-se a palavra Temática, e não Situação de Estudo, pelo fato de que a SE pretende tanto o seu planejamento no contexto da escola quanto a reorganização do currículo escolar, desenvolvidos junto com grupos de professores do ensino médio, o que não sucedeu com os módulos de ensino desenvolvidos nas duas turmas de estudantes do ensino médio.

Cabe salientar que as SE são objetos de estudo por parte do Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Gipec-Unijuí). A SE pode ser definida como uma proposta “conceitualmente rica, identificada nos contextos de vivência cotidiana dos alunos fora da escola, sobre a qual eles têm o que dizer e em cujo contexto, eles sejam capazes de produzir novos saberes, expressando-lhes significados e defendendo seus pontos de vista” (MALDANER; ZANON, 2004, p. 57).

No campo pedagógico, o principal aporte teórico da SE está centrado nas ideias de Vigotski (2000, 2001, 2005), especialmente as discussões em torno da significação conceitual e nas interações sociais. No campo epistemológico, busca-se referência na concepção de real dado e real produzido e na recorrência histórica defendida por Bachelard (1983). (SANGIOGO et al., 2013, p. 49).

A escolha da temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos” realizou-se ao partir do pressuposto que o assunto escolhido:

- pode ser problematizado em distintas escolas e turmas de estudantes da cidade de Florianópolis e pode ser encarado com um problema a ser compreendido mais amplamente, com compreensões e discussões sobre aspectos locais e globais envolvendo a temática;
- permite o trabalho com uma vasta rede de conceitos que permeiam as aulas de Ciências, especialmente a Química, como: átomo, molécula, substância, interação química, mistura, concentração, transformação, etc., nodais à interpretação de fatos e fenômenos cotidianos. Tais conceitos constituem a educação básica (ensino fundamental e médio), possibilitando aos estudantes novas oportunidades para a elaboração, ampliação ou (re)elaboração de conceitos estruturantes do pensamento químico (independente da série que cursa);
- permite trabalhar com os estudantes ao longo das discussões em aula, com a constituição do pensamento em nível submicroscópico e as representações de partículas submicroscópicas (foco desta pesquisa); e
- deriva da vivência dos alunos. Conhecer o Ar atmosférico, em especial, o Ar que respiramos, no âmbito do contexto escolar, à luz das Ciências, tem um caráter educativo compromissado com a cidadania<sup>22</sup> (SANTOS; SCHNETZLER, 1997), na busca de uma maior humanização, com a formação de sujeitos mais capazes de entender e transformar a realidade (FREIRE, 2001).

---

<sup>22</sup> Segundo os autores, “cidadania se refere à participação dos indivíduos na sociedade, torna-se evidente que, para o cidadão efetivar a sua participação comunitária, é necessário que ele disponha de informações. Tais informações são aquelas que estão diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam o cidadão, os quais exigem um posicionamento quanto ao encaminhamento de suas soluções.” (SANTOS; SCHNETZLER, 1997, p.47).

A abordagem temática, como a “Poluição do Ar: o Ar que respiramos” baseada nos pressupostos da SE, pode permitir melhores discussões e entendimentos do mundo no qual o estudante está inserido, além de superar organizações curriculares baseadas no ensino meramente propedêutico, descontextualizado, linear, fragmentado e distante das suas necessidades e vivências do dia a dia (HALMENSCHLAGER, 2010, 2011).

Embora o módulo de ensino (estudo da temática em sala de aula) utilize de um maior número de imagens representativas de partículas submicroscópicas do que em muitas aulas comumente realizadas no ensino de Química, ao estudar o assunto proposto não estamos interessados, apenas, em usar, interpretar, construir e entender tais representações. O objetivo é desencadear processos de problematização, discussão e significação que permitam o acesso a conceitos e conhecimentos escolares típicos ao estudo da disciplina de Química do ensino médio no estudo da temática. A descrição detalhada das atividades desenvolvidas em cada uma das duas turmas encontra-se no próximo capítulo.

Ao desenvolver a temática, busca-se consonância com a compreensão de que a escola tem a função de disseminar um conhecimento historicamente construído para que os estudantes participem ativamente dos problemas relacionados à comunidade em que estão inseridos, e com capacidade de tomar melhores decisões referentes à sociedade, emitindo sua opinião a partir de um sistema de valores e de informações, mas dentro de um comprometimento social (SANTOS; SCHNETZLER, 1997; BRASIL, 2006), e como preconiza a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, quando diz que “a educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social” (BRASIL, 1996, p.1). Nesse sentido, o ensino de Química envolve inter-relações de dois componentes: “a *informação química* e o *contexto social*, pois, para o cidadão participar da sociedade, ele precisa não só compreender a química, mas a sociedade em que está inserido.” (SANTOS; SCHNETZLER, 1997, p. 95).

Por outro lado, aos professores ou pesquisadores da área de ensino de CNT que não trabalham com a perspectiva de ensino baseada em temáticas, mas com aulas que se centram na elaboração conceitual desvinculada do estudo de uma temática, entende-se que a pesquisa também contribui com discussões que objetivam trabalhar melhor as imagens representativas de partículas submicroscópicas, como as que permeiam aulas, internet e livros didáticos de Ciências, Biologia, Física e Química na abordagem de diversos conceitos estudados no ensino

fundamental e médio, a exemplo do átomo, da substância, das transformações.

Na pesquisa, tendo em vista o recorte teórico-metodológico, chama-se a atenção para os limites conceituais, obstáculos e potencialidades no emprego (uso e interpretação) de imagens representativas de partículas submicroscópicas envolvidas no processo de ensino e aprendizagem, acenando para a mobilização de saberes docentes para uma maior compreensão sobre os processos de elaboração de linguagens e pensamentos que envolvem as representações de nível submicroscópico por parte dos estudantes e PP. A premissa é que o ensino não pode desconhecer que as representações carecem de adequados modos de mediação do professor para promoção de melhores processos de significação conceitual por parte dos estudantes (VIGOTSKI, 2001). Afinal, representações de átomos, íons, moléculas e agregados de moléculas fazem parte de formas variadas de explicação de fatos e fenômenos, seja em contextos educativos (em diversos níveis do ensino) ou em contextos de produção científica e de circulação em manuais, livros didáticos, internet, revistas, etc. Há processos de transformação ou recontextualização dos conhecimentos científicos em conhecimentos ensinados e aprendidos, como as que são específicas à Química e que permeiam livros didáticos e aulas da área, com processos dinâmicos de instauração, extensão e transformação de determinados modos de pensar e agir (FLECK, 2010), os quais são modificados nas interações sociais, como os da escola.

O planejamento do módulo de ensino buscou contemplar o uso de diferentes recursos didáticos (diapositivos, animações, ilustrações de livros didáticos e outros) que incluem uma grande variedade de imagens representativas de partículas submicroscópicas, contribuindo no aprendizado da temática “Ar atmosférico: o Ar que respiramos”. Isto, de modo a desenvolver diferentes possibilidades de (re)significação, interpretação e uso de representações de nível submicroscópico que estabeleçam interpretações de uma multiplicidade de situações vivenciais. Com base em Silva (2006), propõem-se:

o uso simultâneo de diferentes imagens de um mesmo objeto ou situação, com diferentes graus de iconicidade, no sentido de trabalhar a diferença nas condições de produção que caracterizam a relação entre imagem e referente, colocando em contato diferentes perspectivas epistemológicas implicadas na produção das diferentes imagens. Esse modo de leitura proposto insere-se numa

perspectiva que vê o conhecimento escolar como lugar de confronto e relação entre conhecimento cotidiano e conhecimento científico e lugar de formação de leitores de imagens na sociedade atual. (p. 71).

Essa compreensão, aliada ao aporte teórico histórico-cultural, possibilita pensar práticas de ensino que apontam para o fato de que as representações de partículas submicroscópicas são decorrentes de um processo histórico-cultural de (re)construção de conhecimentos científicos que, ao serem mediados em sala de aula remetem a sentidos que entram em negociação e tensão com conhecimentos do cotidiano dos estudantes, havendo a necessidade da mediação do professor para que ocorra uma leitura coerente, sob o ponto de vista da Ciência, das imagens empregadas no ensino de CNT (FLECK, 2010; BAKHTIN, 2009; SILVA, 2006; QUEIROZ, 2009; TERUYA, et al., 2013).

Defende-se que as representações de partículas submicroscópicas carregam sentidos e significados elementares para a constituição do pensamento químico. Lima e Barboza (2005, p. 41), ao afirmarem que “convivemos diariamente com materiais constituídos por substâncias, que são objeto de estudo da Química”, defendem o ensino de conceitos *estruturantes do pensamento químico* que devem fazer “parte do instrumental mental de qualquer aluno(a) ao deixar a escola”, como o conceito de átomo, molécula e reação química. Afinal, noções sobre esses conceitos estruturantes possibilitam a compreensão de diversas situações da vivência, a exemplo da constituição de materiais (como uma porção de Ar), dos estados físicos da matéria, das mudanças de aspectos sensitivos (visão, tato, olfato, paladar) de materiais e etc. Intrinsecamente articulado aos conhecimentos conceituais, e não menos importantes – ora mais ora menos explicitamente –, defende-se também o ensino sobre Ciências e sobre a natureza da Ciência, a exemplo de discussões sobre o trabalho dos cientistas, modelos explicativos e imagens representativas de partículas submicroscópicas que permeiam o ensino de Ciências/Química.

Nas interações, o professor/pesquisador busca desenvolver mediações e questionamentos referentes às representações de partículas submicroscópicas, sua relação com a realidade e explicações científicas a elas associadas. Busca-se promover a elaboração de conhecimentos provenientes e coerentes com as Ciências/Química e sobre as Ciências, de modo a potencializar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, como a capacidade de abstração, generalização e ação sobre a realidade (VIGOTSKI, 2001). No diálogo, busca-se trabalhar com a

singularidade do *constructus* conceitual dos estudantes, a fim de instaurar, ampliar e transformar o “olhar” sobre a temática em estudo à luz do conhecimento historicamente produzido na comunidade científica. Busca-se trabalhar na *zona de desenvolvimento proximal* (ZDP) dos estudantes. Utiliza-se de questionamentos, discussões e instrumentos que promovam um maior aprendizado dos conceitos escolares, especialmente os que envolvem linguagens e pensamentos de nível submicroscópico, que têm grande potencial para a interpretação da realidade.

[A ZDP] é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. [...] A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário [...] a zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã (VIGOTSKI, 2007, pp. 97-98).

A ZDP ajuda os educadores a entender o curso interno de desenvolvimento, que problemas conceituais sobre a interpretação de uma situação vivencial, por exemplo, indicam que conceitos vinculados a tais explicações estão em processo de amadurecimento, de desenvolvimento. Em outras palavras, necessitam da interlocução do outro mais experiente, da vigilância do professor no acompanhamento do processo de aprendizagem dos estudantes.

Com base em pesquisas anteriores (SANGIOGO, 2010; SANGIOGO; ZANON, 2012), no módulo de ensino buscou-se mobilizar saberes docentes considerados importantes na compreensão da temática estudada, quais sejam:

- inserir e propiciar o significado de ‘modelo’ e ‘representação’, sua importância na Ciência e ensino de CNT. A abordagem visa explicar a importância desses termos na Ciência e no ensino de Ciências, abordando-os como conteúdos no currículo escolar;
- ressaltar que as representações de partículas submicroscópicas que permeiam aulas e livros didáticos são representações parciais de modelos teóricos (de explicação), criados à luz do conhecimento



científico e que demandam apropriação de sentidos e significados conceituais que, muitas vezes, fazem com que os estudantes aceitem, por exemplo, que átomos e substâncias existem enquanto *constructos* histórico-culturais da relação dialética entre sujeito e objeto do conhecimento que buscam melhor conhecer a realidade;

- propiciar reflexões referentes aos limites e potencialidades, em modelos explicativos e suas representações, da compreensão conceitual e da natureza das CNT;

- utilizar e explicar linguagens específicas (signos e significados) à cultura científica da Química (em nível submicroscópico) sobre modelos teórico-explicativos e suas representações;

- atuar de modo vigilante no uso de palavras e sentidos expressos pelos estudantes, evitando compreensões incoerentes e obstáculos que impeçam o acesso aos conhecimentos científicos; e

- possibilitar movimentos de “ir e vir” entre conhecimentos de nível macroscópico e submicroscópico, inter-relações entre conhecimentos cotidianos e científicos e promover a triangulação entre os aspectos do conhecimento químico: o fenomenológico, o teórico e o representacional.

No módulo de ensino, buscou-se contemplar a inserção desses e outros saberes que se julgaram relevantes no desenvolvimento das interações com as duas turmas do ensino médio.

### **4.3 Planejamentos de outros instrumentos**

De modo articulado ao módulo de ensino, planejaram-se atividades para o estudo da temática e o acompanhamento do processo de ensino e aprendizagem em distintos momentos das aulas. A atividade que permitiu um registro maior dos estudantes foi a aplicação dos questionários (atividades de ensino), na qual houve a elaboração de desenhos (representações em nível submicroscópico) e explicações para os fenômenos. O primeiro (Apêndice II) foi aplicado no primeiro dia de aula, o segundo (Apêndice III), no percurso de ensino, e o terceiro (Apêndice IV), no último dia de aula. As atividades trazem elementos, não desvinculados dos demais materiais, para identificar indícios de elaboração conceitual por parte dos estudantes. Os questionários contemplam questões que solicitam que os estudantes expliquem e interpretem distintas situações envolvendo a temática em estudo, expressando visões sobre a natureza da Ciência e representando (explicando-os) em nível submicroscópico determinados fenômenos,

como a constituição de uma porção de Ar atmosférico (Ar poluído e Ar não poluído).

O primeiro questionário objetivava conhecer algumas das explicações que os estudantes já possuíam acerca de situações envolvendo o ar atmosférico. No segundo, solicitava-se aos mesmos que representassem a constituição do Ar presente em uma sala de aula e a constituição do Ar em um local próximo ao vulcão Puyehue, no Chile, com base em concentrações definidas de partículas (de substâncias como gás oxigênio, gás nitrogênio e material particulado). O terceiro questionário foi planejado com base numa análise inicial dos Questionários I e II e interações desenvolvidas no módulo de ensino. Os questionários são instrumentos de registro que, de modo articulado à análise das interações, podem contribuir na identificação e percepção de indícios de evolução na maneira de compreender e elaborar as representações sobre um fato ou fenômeno que se pretende explicar, além de trazer elementos que auxiliam na avaliação do processo de ensino e aprendizagem desencadeado.

Após a implementação do módulo e a aplicação dos questionários, planejaram-se e desenvolveram-se entrevistas semiestruturadas na forma de reuniões, com três grupos de estudantes, a fim de que os mesmos expressassem compreensões sobre aspectos discutidos em aula ou presentes nos questionários. A entrevista semiestruturada se desenrolou a partir de um esquema básico de perguntas ou tópicos de discussão, não aplicados rigidamente, permitindo que o entrevistador, neste caso, o professor/pesquisador, fizesse as necessárias adaptações (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). O registro possibilita melhores compreensões sobre as interações e respostas dos estudantes, especialmente do Questionário 03, referentes ao emprego de representações de partículas submicroscópicas.

Nos módulos de ensino e nas reuniões procedeu-se a gravação (em áudio e vídeo), seguida da transcrição literal das falas de cada sujeito, no intuito de possibilitar a análise das interlocuções dos sujeitos de pesquisa. Na transcrição, as manifestações dos sujeitos foram enumeradas por turnos de fala, seguidos da identificação (codificada) de cada sujeito, tomando o cuidado com o anonimato e respeitando os princípios de ética na pesquisa.

Realizaram-se também registros, no texto que compõe as transcrições das aulas, de situações que permeiam o cenário escolar, a exemplo de problemas com a estrutura da escola, a indisciplina, etc., pois se compreende que as mesmas influenciam na qualidade das

interações desenvolvidas e que compõem o processo de ensino e de aprendizagem.

#### 4.4 O corpus e os instrumentos de análise

O *corpus* da pesquisa (dados ou material empírico) constitui-se da transcrição do módulo de ensino, dos questionários, dos escritos dos estudantes em atividades desenvolvidas nas aulas e das transcrições das reuniões com grupos de estudantes.

Segundo Moraes e Galiazzi (2011, com base em BARDIN, 1977), o *corpus*

é constituído essencialmente de produções textuais. Os textos são entendidos como produções linguísticas, referentes a determinados fenômenos e originadas em um determinado tempo e contexto. São vistos como produções que expressam discursos sobre diferentes fenômenos e que podem ser lidos, descritos e interpretados, correspondendo a uma multiplicidade de sentidos que a partir deles podem ser construídos. (p. 16).

Nesta pesquisa, o *corpus* é composto especialmente por produções resultantes da própria pesquisa que buscam atender aos objetivos e responder às questões da pesquisa com o auxílio da literatura.

Como instrumento metodológico utiliza-se da *análise microgenética*, que se centra nos movimentos intersubjetivo-intrassubjetivo característicos às interações sociais que permeiam a sala de aula (GÓES, 2000; VIGOTSKI, 2001; WERTSCH, 1988), e da *análise textual discursiva* que contribui como um processo auto-organizado de análise de dados (MORAES; GALIAZZI, 2011). Tais instrumentos serão discutidos nos itens subsequentes deste capítulo.

Um exemplo de pesquisa que buscou identificar a evolução conceitual por parte de estudantes se encontra nos estudos desenvolvidos por Mortimer (2000). O autor focou em explicações atomísticas para os estados físicos da matéria, descrevendo como ocorre essa evolução através da articulação entre referenciais teóricos e a análise de materiais empíricos referentes ao processo de ensino desenvolvido em sala de aula, por estudantes do último ano do ensino fundamental (8ª série). Ele desenvolveu a análise tendo como instrumento a noção de perfil conceitual, decorrente de interpretações do

perfil epistemológico de Bachelard (1978), embora também tenha se fundamentado na perspectiva histórico-cultural (em Vigotski e Bakhtin).

Em nossa pesquisa, diferente de Mortimer (2000), analisa-se a elaboração conceitual envolvida no estudo de uma temática que abrange relações com situações vivenciais, em aulas de Química do 1º e 2º anos do ensino médio, tendo como instrumento metodológico a análise microgenética e a análise textual discursiva. Isto com o pressuposto de que escritos podem contribuir no avanço da área de Ensino de Ciências, de modo a propiciar processos de ensino e aprendizado mais coerentes com o conhecimento científico e com aquilo que constitui a natureza da Ciência, seus modelos teórico-explicativos e representações de partículas submicroscópicas.

#### 4.5 A análise textual discursiva

A análise textual discursiva é uma das metodologias da análise textual<sup>23</sup> que se afasta dos extremos (I) da *análise de conteúdo tradicional* – que “examina os fenômenos *de dentro*, de uma perspectiva interna” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 149, grifo dos autores) do *corpus*, “pretensamente objetiva, limitando-se ao manifesto, gradativamente essa concepção se amplia de modo a incluir cada vez mais o latente, o não dito, o subentendido” – e (II) de *algumas modalidades de análise de discurso* – que tendem “a assumir um olhar *de fora do fenômeno* de investigação” (p. 150, grifo dos autores) –, se inclinando “mais para a leitura do implícito”, já que, uma vez “preocupada com as condições de produção do discurso, com sua crítica a partir de pressupostos externos” (p. 148), detém-se, sobretudo “no implícito, fazendo dele o objeto de sua interpretação crítica” (p. 147).

A análise textual discursiva “se insere num espaço intermediário” entre a análise de conteúdo e a análise de discurso (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 156), num movimento interpretativo de caráter hermenêutico e pode ser expressa em três etapas dinamicamente articuladas, que se caracterizam como um processo metodológico auto-organizado, quais sejam:

1) *Unitarização* ou desmontagem dos textos do *corpus*: “implica examinar os textos em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de

---

<sup>23</sup> “As análises textuais se concentram na análise de mensagens, da linguagem, do discurso, ainda que seu ‘corpus’ não seja necessariamente verbal, podendo também se referir a outras representações simbólicas.” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 141).

atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados” (p. 11);

2) *Categorização* ou estabelecimento de relações: “envolve construir relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as, reunindo esses elementos unitários na formação de conjuntos que congregam elementos próximos, resultando daí sistemas de categorias” (p. 12); e

3) *Comunicação* ou captação do novo emergente: a intensa impregnação nos materiais de análise “possibilita a emergência de uma compreensão renovada do todo. O investimento na comunicação dessa nova compreensão, assim como o de sua crítica e validação” (p. 12). O resultado é expresso em um metatexto que explicita “a compreensão dos elementos construídos ao longo dos passos anteriores.” (p. 12).

Na análise textual discursiva, o pesquisador assume a autoria com os referenciais que possui e defende, valorizando elementos subjetivos e objetivos, “num exercício de respeito às vozes e aos sujeitos participantes da pesquisa” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 81). Através dela, argumenta-se que o sujeito pesquisador não é neutro, pois possui referenciais específicos (explícitos e implícitos), além de sustentar questões e objetivos que pretende alcançar com a pesquisa. Isso significa que, quando diferentes sujeitos analisam o mesmo *corpus*, podem emergir distintas unidades de significado e categorias. Na escrita do metatexto, para validar as categorias de análise, necessita-se de descrição, de interpretação e de argumentação que sustentem as teses defendidas, utilizando-se de uma multiplicidade de vozes: do *corpus*, do pesquisador e dos interlocutores teóricos.

O texto final surge a partir de movimentos recursivos de categorização e de expressão das novas compreensões, sempre em interlocução com teóricos e com a realidade empírica, visando a obter argumentos válidos e aceitos em comunidades de especialistas nos temas tratados. (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 193).

Com base em Moraes e Galiuzzi (2011), pode-se dizer que o texto está em permanente construção com base na inter-relação entre: as ideias do pesquisador; as ideias obtidas a partir dos diálogos com outros sujeitos (do *corpus* da pesquisa); e de ideias produzidas a partir de interlocutores teóricos, como os especialistas que contribuem para pensar sobre o objeto de pesquisa. Reitera-se que o texto é constituído por “uma multiplicidade de vozes, como a voz do autor que escreve”, seus conhecimentos oriundos do contexto histórico-cultural,

“constituindo um ponto de partida que não pode deixar de se envolver nos diálogos” (p. 198) produzidos. Há também a participação de vozes de “outros sujeitos, interlocutores empíricos ou teóricos capazes de ajudar a ampliar o caos de ideias expressas e assim encaminhar novas possibilidades reconstrutivas” (p. 199).

Como a preocupação da pesquisa centra-se no processo de evolução/elaboração conceitual do pensamento em nível submicroscópico, a análise do *corpus* também se fundamenta na *análise microgenética*.

#### 4.6 A análise microgenética

Mortimer e Scott (2002), ao analisar a atividade discursiva em aulas de Ciências, enfatizam a importância da ferramenta sociocultural para planejar e analisar o ensino:

a pesquisa em educação em ciências (Duit and Treagust, 1998) sinaliza um deslocamento dos estudos sobre o entendimento individual dos estudantes sobre fenômenos específicos para a pesquisa sobre a forma como os significados e entendimentos são desenvolvidos no contexto social da sala de aula. Muitas dessas pesquisas têm adotado, como perspectiva teórica, aquela relacionada à corrente sócio-histórica ou sociocultural. Nessa tradição, o processo de conceitualização é equacionado com a construção de significados (Vygotsky, 1987), o que significa que o foco é no processo de significação. Os significados são vistos como polissêmicos e polifônicos, criados na interação social e então internalizados pelos indivíduos. Além disso, o processo de aprendizagem não é visto como a substituição das velhas concepções, que o indivíduo já possui antes do processo de ensino, pelos novos conceitos científicos, mas como a negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, num processo de crescimento mútuo. As interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados. (p. 284).

Nessa perspectiva, com base no registro e na transcrição das interações, desenvolveu-se a *análise microgenética*: “identificada por Wertsch (1988) como mais um domínio genético implícito, mas não menos importante na obra de Vigotski” (ANDRADE, 2010, p. 87), pois “a microgenética comporta o plano das interações em termos dos microeventos que concernem ao desenvolvimento cultural humano” (p. 87). Trata-se de “uma forma de construção de dados que requer a atenção a detalhes e recorte de episódios interativos”, voltada para “as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação” (GÓES, 2000, p. 9). A análise é *micro* “por ser orientada para minúcias indiciais – daí resulta a necessidade de recortes num tempo que tende a ser restrito”. E é *genética* “no sentido de ser histórica, por focalizar o movimento durante processos e relacionar condições passadas e presentes, tentando explorar aquilo que, no presente, está impregnado de projeção futura” (*idem*, p. 15). Com base em Werner (1999) e Góes (2000), a análise microgenética tem por base o paradigma indiciário de Ginzburg (1989) e a perspectiva sócio-interacionista de Vigotski (1978), Wertsch (1985) e Werner (1997).

Enquanto metodologia, a análise microgenética se constitui numa abordagem histórico-cultural e semiótica dos processos humanos. A análise é genética pelo fato de ser histórica, por centrar-se nos movimentos durante os processos e efetuar relações com o passado, o presente e o futuro. Busca, também, as relações entre os acontecimentos singulares com os outros planos da cultura, das práticas sociais e dos diferentes discursos enunciados – na abordagem, a atenção do pesquisador está mais voltada para “o como acontece” do que exatamente sobre “o que acontece”. A abordagem semiótica, por sua vez, procura analisar elementos como os conceitos e a linguagem, signos que o ajudam a configurar a especificidade do humano (Góes, 2000), com vistas à compreensão de como os sujeitos interpretam mensagens, pensam e interagem com os objetos do conhecimento, um aspecto que Vygotsky discutiu densamente no decorrer de sua obra. (SCHROEDER; FERRARI; MAESTRELLI, 2010, p. 26).

A análise de episódios<sup>24</sup> ajuda a “circunscrever e mostrar a importância das experiências vividas” (ANDRADE, 2010, p. 87) nas interações decorrentes das aulas desenvolvidas na escola, momento em que o pesquisador faz “um exercício que busca nas pistas e nos indícios a reconstrução (e a interpretação) dos fatos” (p. 87). A análise microgenética visa estabelecer relações entre processos inter e intrapsicológicos humanos (WERTSCH, 1988; VIGOTSKI, 2001), ou ainda,

a elaboração conceitual, enquanto processo interpsicológico historicamente condicionado e culturalmente sistematizado [...]. Teórica e metodologicamente ancorados na abordagem Histórico-Cultural<sup>25</sup> consideramos a natureza social das produções humanas e as relações intersubjetivas como condição dessas produções. (ANDRADE, 2010, p. 82)

Nas interlocuções, buscam-se “indicadores de uma elaboração conceitual que sabemos, carrega os traços da fala do outro, da memória coletiva, dos desejos de estabilização etc.” (ANDRADE, 2010, p. 86). E um dos desafios é entender como se estabelecem as relações entre pensamento e linguagem. Andrade (2010) ressalta também que o “desafio é entender como essas palavras e redes de conceitualizações se relacionam e como elas surgem” (p. 95), o que, nesta pesquisa, envolve o emprego de representações de partículas submicroscópicas.

---

<sup>24</sup> Recortes das transcrições da fala dos sujeitos de pesquisa, ou seja, trechos de um ou mais turnos de fala. Um turno de fala corresponde a uma ou mais frases que compõem o expresso por um sujeito, ou seja, cada sujeito que fala recebe um novo número e este corresponde a um novo turno de fala. Nesse sentido, um episódio pode ser constituído pela fala de um ou mais sujeitos que se pronunciam em diferentes momentos.

<sup>25</sup> “A perspectiva Histórico-Cultural, decorrente dos trabalhos de Vigotski (2000b, 2001a, 2001b) tem seu funcionamento nas considerações dos aspectos sociais e históricos das produções entretido a uma concepção de desenvolvimento humano em que a constituição psíquica e os limites e possibilidades de desenvolvimento procedem e emergem da materialidade simbólica das práticas sociais e coletivas mais amplas. As relações de ensino, dessa perspectiva, são arcadas pela ênfase no funcionamento da linguagem constitutiva de toda atividade humana, nos processos de significação como momentos e condições de desenvolvimento e nos diferentes modos de participação das pessoas na produção do conhecimento.” (ANDRADE, 2010, pp. 82-83).



Entretanto, como fazê-lo sem termos acesso ao pensamento dos estudantes? Entende-se que é possível fazer determinadas inferências sobre tais relações mediante a análise das falas, dos escritos e de outras expressões dos estudantes (gestos, entonação de voz, expressão do rosto, etc.). A análise microgenética permite evidenciar indícios de elaboração conceitual dos estudantes e professores por meio da mudança de expressões (escritos, gesticulações, atitudes ou verbalizações) relacionadas a palavras e sentidos sobre a temática e/ou conceitos em estudo, tendo como base, sobretudo, as interações sociais propiciadas no contexto escolar.

Nas interações, o diálogo, as negociações de sentidos e conceitos pressupõem “a percepção visual do interlocutor, de sua mímica e seus gestos, bem como da percepção acústica de todo o aspecto entonacional da fala. Em conjunto, ambas admitem aquela compreensão a meias palavras, aquela comunicação através de insinuações” (VIGOTSKI, 2001, p. 454), o que contribui significativamente para pressupor possíveis compreensões ou incompreensões que, na fala transcrita, muitas vezes, podem parecer duvidosas. Entendemos que o corpo também fala: a entonação, os gestos, as expressões faciais também fazem parte das tramas da sala de aula.

As percepções que estão além do transcrito permitem que o professor tome decisões, a exemplo de dar continuidade a uma explicação ou retomar o já explicado, incluir discussões ou excluir explicações anteriormente planejadas, etc. Essas percepções e atitudes momentâneas realizadas nas aulas, como a mudança de um assunto porque os alunos pareciam pouco interessados, posteriormente, na análise da videogravação das aulas, pode se tornar questionável ao evidenciar-se que os alunos incorporaram ideias daqueles momentos às suas falas. Tal complexidade do processo de ensino e aprendizagem alerta para a importância da análise da própria prática, proposta por Maldaner (2003), na defesa de um professor/pesquisador, pois é possível romper, por exemplo, com aquelas visões ingênuas que dizem que apenas em uma sala de aula silenciosa é que se estabelecem aprendizados ou que o ensinado pelo professor corresponde ao apreendido pelos estudantes.

Mesmo que para a análise do *corpus* sejam escolhidos os episódios mais significativos, sua seleção também se deve pela percepção do professor/pesquisador nos momentos de interação vivenciados nas aulas. Aspecto que, muitas vezes, permanece implícito em uma pesquisa, mas que é determinante para a escolha de um ou outro episódio.

A análise microgenética é um instrumento utilizado na análise de processos de ensino e aprendizagem, como no estudo de Schroeder, Ferrari e Maestrelli (2010), que trabalharam a sexualidade humana. Segundo os autores, ela

possibilita a verificação dos aspectos essenciais da atividade psicológica dos estudantes no que se refere às suas capacidades já adquiridas, reconhecer o que os movimenta, além de compreender como se apropriam dos conhecimentos, ou seja, como acontece o processo de internalização. (pp. 26-27)

Considerando o exposto, pode-se afirmar que a microgenética demanda leituras atentas dos materiais empíricos, selecionando e analisando indícios de evolução conceitual, em episódios oriundos das interações desenvolvidas em aulas de duas turmas de Química do ensino médio sobre a temática “Ar atmosférico: o Ar que respiramos”. A compreensão dos processos de elaboração conceitual estuda os nexos, as inúmeras condições dessa elaboração, e não apenas a estrutura final (ANDRADE, 2010). Centra-se no que foi explicitado pela linguagem, nas aulas, nas entrevistas, nos questionários, embora as impressões do professor/pesquisador também exerçam influência na seleção e análise de episódios.

Na análise das falas do professor/pesquisador, para além do explicitado nas interações em aula e nas entrevistas, tem-se o “acesso” ao não dito, ao pensamento ou informações que na análise das aulas de outro professor não seria possível. Nesse sentido, a pesquisa também tem o caráter de um professor/pesquisador que analisa suas aulas com atenção aos modos como ele e os estudantes empregam as representações, buscando evidenciar interações que formam (ou deformam) o pensamento químico, em especial, sobre representações de partículas submicroscópicas que permitem novas formas de compreender e agir na realidade cotidiana.

#### **4.7 A codificação dos dados do corpus**

Com objetivo de assegurar o anonimato dos sujeitos, o Professor/Pesquisador foi codificado por “PP”, os Professores da Escola pela letra “P”, ao lado de um número que indica a inferência a diferentes professores da escola “P1”, “P2” e “P3”, enquanto os estudantes foram identificados com a letra “A”, seguido de um numeral que indica o

aluno a que se refere “A1”, “A2”, e assim por diante. Sempre que se repetia a fala de um mesmo sujeito, repetia(m)-se a(s) letra(s) e número(s). As aulas, para cada uma das turmas, foram enumeradas por turnos de fala que iniciam com o número 01 (primeira interlocução da primeira aula), número 02 (segunda fala), e assim sucessivamente, até a última aula e última interlocução.

Na transcrição e nos episódios analisados, utilizou-se de codificações que remetem para os significados que são expressos abaixo:

PP: Professor/Pesquisador.

P1 e P2: Professor da escola.

A1, A2, A3... : Aluno.

[xxx]: registra o contexto do momento de ensino, no intuito de explicar ao leitor o contexto da aula, as atitudes/ações tomadas por alunos ou professores.

(( )): serve para introduzir alguma palavra não referida pelo aluno ou professor, mas que dá sentido à frase.

[...] indica trechos de fala recortados.

... indica frases não concluídas por alunos ou professores.

**negrito**: significa ênfase na fala do estudante ou professor.

Xxxx: se refere a palavras ou expressões não decodificadas na transcrição.

Alunos: Quando mais de um aluno fala ao mesmo tempo, havendo resposta em coro.

Ax: Quando não foi possível identificar o estudante que falou.

#### 4.8 A análise do corpus e a comunicação de resultados

Ao empregar articuladamente a análise microgenética e a análise textual discursiva é importante aclarar que nem sempre a categorização se refere a um conjunto de elementos que, em maior quantidade estiveram presentes na análise, mas sim às interlocuções que durante a fala dos sujeitos nos ajudam a atender os objetivos e as questões da pesquisa. Nesse sentido, um episódio que expressa potencial para compreender o tema pode ser tão ou ainda mais importante do que uma série de episódios recorrentes.

Cabe mencionar ainda que, nas análises, inspiramo-nos nas concepções pedagógicas e epistemológicas expressas nos capítulos anteriores, em especial, na abordagem histórico-cultural e em estudos da linguagem, particularmente a teoria da enunciação de Bakhtin em que “a

atividade do sujeito, longe de ser vista como ação de um indivíduo isolado, é percebida na interação, sendo sempre mediada pelos signos linguísticos, que são construídos cultural e historicamente também nas interações sociais” (ALMEIDA; GIORDAN, 2012, p. 247). Bakhtin contribui em explicações e entendimentos que envolvem “aspectos da dinâmica discursiva através da análise das diferentes vozes que comparecem nos processos de significação em sala de aula” (MORTIMER, 2000, p. 172).

Vigotski e Bakhtin perguntam-se como os fatores sociais podem modelar a mente e constituir o psiquismo. A resposta que apresentam para essa questão nasce de uma perspectiva semiológica, na qual o signo como um produto social tem uma função geradora e organizadora dos processos psicológicos. [...] a consciência é engendrada no social, a partir das relações que os homens estabelecem entre si por meio de uma atividade sócio-cultural, portanto, pela mediação da linguagem. (FREITAS, 2005, pp.302-303).

Vigotski contribui para entender os processos de elaboração conceitual ao longo do desenvolvimento humano, no meio cultural e histórico, e Bakhtin (2009) permite maiores compreensões sobre as negociações, tensões e relações de poder que envolvem as distintas estruturas sociais dos sujeitos, os confrontos ideológicos dos valores sociais, sendo que “a comunicação verbal para ele não pode ser compreendida fora de sua ligação com a vida concreta” (FREITAS, 2005, p. 312). Na análise, busca-se compreender discursos que permeiam a temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos” e as representações de partículas submicroscópicas empregadas no contexto escolar.

Mediante uma análise minuciosa das manifestações dos sujeitos de pesquisa, é possível organizar as interlocuções em episódios e categorias mais representativas em que o professor/pesquisador busca atender aos objetivos e responder às questões de pesquisa. O processo de categorização se desenvolve por meio de *categorias emergentes* que “são construções teóricas que o pesquisador elabora a partir do ‘corpus’”. Sua produção é associada aos métodos indutivos e intuitivos” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 25), pois, “não é que não existam teorias orientadoras, mas que estas não são conhecidas e assumidas pelo pesquisador de forma consciente” (p. 28), ou seja, não são assumidas categorias específicas *a priori*.

Durante as leituras sistemáticas do *corpus*, parte-se à unitarização, ao se destacar episódios e explicitar unidades de significado representativas, ou seja, seleciona-se no texto o episódio e os comentários referentes ao significado atribuído pelo pesquisador para cada situação escolhida. Na análise textual discursiva busca-se “descrever e interpretar alguns sentidos que a leitura do conjunto de textos pode suscitar” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 14). Isto, ciente de que toda leitura já é uma interpretação feita a partir de alguma perspectiva teórica e “que não existe uma leitura única e objetiva”, visto que “um texto sempre possibilita construir múltiplos significados” (p. 14).

Com a unitarização do texto – que não deve ser entendida como um processo estanque, mas em movimento, ao lado da categorização e comunicação dos resultados –, organizam-se e controem-se categorias emergentes analisadas e elaboradas pelo pesquisador que se apoia na leitura de referenciais teóricos e discursos anteriores, por movimentos explícitos e implícitos, durante a unitarização e construção de categorias. O pesquisador, durante a leitura de uma multiplicidade de vozes, a análise e a escrita do texto, também se modifica e qualifica o texto ao participar de grupos de pesquisa, congressos e eventos ou abrir espaço a leitores críticos do trabalho. A comunicação ou escrita de resultados e considerações “tem sua origem nos textos originais, expressando a compreensão do pesquisador sobre os significados e sentidos construídos a partir deles” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 31), indicando que se parte de uma realidade que existe (independente de se pensá-la) e que o conhecimento sobre a realidade tem origem numa dialética entre sujeito (social, histórico e cultural) e objeto que se quer conhecer.

Na construção do texto há movimentos de descrição, interpretação e argumentação. A descrição é compreendida “como esforço de exposição de sentidos e significados em sua aproximação mais direta com os textos analisados [...], constitui-se num movimento de produção textual mais próximo do empírico” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 35). Na descrição, “o uso de manifestações dos participantes de uma pesquisa é uma das formas de garantir a validade das descrições (p. 98): “os textos produzidos devem expressar mais do que a compreensão pessoal do pesquisador, ou seja, precisam descrever explicações e compreensões dos participantes, ainda que reconstruídas pelo pesquisador” (p. 99). Na interpretação, busca-se “construir novos sentidos e compreensões, afastando-se do imediato e exercitando uma abstração [...] indo além da expressão de construções obtidas a partir dos

textos e de um exercício meramente descritivo”, sendo que “um dos modos é a confrontação com teorias já existentes” (p. 36). Na argumentação, busca-se a consistência para a teorização da(s) tese(s) ou argumento(s) central(is) defendida(s) no trabalho, sendo fundamental que o texto esteja organizado em torno dela(s). Os argumentos “são produzidos como partes das análises e interpretações da pesquisa” (p. 102), expressando a clareza e o rigor dos resultados apresentados.

Antes, e principalmente durante, à escrita do texto final, realizou-se estudo de pesquisas da área de Educação e Ensino de Ciências/Química sobre a utilização de recursos didáticos concernentes a imagens representativas de partículas submicroscópicas, bem como sobre os processos de mediação envolvidos no ensino de CNT, no que tange à apropriação e (re)construção de conhecimentos químicos escolares. Entre o estudo de obras da literatura, podemos citar Vigotski, Bachelard, Fleck e autores da área de Educação e Ensino de Ciências/Química, de modo a ressaltar contribuições para a compreensão do objeto de pesquisa.

A análise do *corpus* (transcrição das falas nos módulos, das respostas aos questionários e das falas nas reuniões) possibilita a construção de categorias consideradas mais representativas, com vistas à constituição de saberes aliados ao ser professor de CNT no ensino médio, em especial, à (re)elaboração de conhecimentos químicos escolares no âmbito de representações de partículas submicroscópicas.

No seguinte capítulo se faz uma breve descrição sobre o contexto que deu origem ao *corpus* da pesquisa e as sequências de atividades desenvolvidas no estudo da temática, bem como a apresentação e descrição das categorias emergentes.

## 5 O CONTEXTO E O DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Neste capítulo, apresenta-se: (I) um breve cenário da pesquisa; (II) a descrição das atividades desenvolvidas nas turmas do 1º e 2º anos do ensino médio na qual se desenvolveu a temática “Ar atmosférico: o Ar que respiramos”; (III) a descrição das categorias emergentes do *corpus* de análise.

### 5.1 A descrição do cenário da pesquisa

O Colégio, em que o módulo de ensino foi desenvolvido se encontra no centro de Florianópolis e recebe alunos de diferentes bairros da ilha e cidades como São José, Palhoça e Biguaçu, no estado de Santa Catarina. Ele é considerado o maior colégio público da América Latina e, segundo Projeto Político Pedagógico (PPP), pois circulam em seus corredores cerca de 8.500 pessoas entre alunos, funcionários, professores e comunidade – durante todo o dia (nos três turnos de funcionamento). O sistema de avaliação é Trimestral, na forma de nota de 01 a 10 (um a dez).

O objetivo geral do PPP da escola pressupõe “produzir condições materiais e objetivas de apropriação e produção de novos conhecimentos, a partir do conhecimento produzido e acumulado, cientificamente, pela humanidade” (PPP, 2010, p. 6). Nesse sentido,

a função da escola - enquanto espaço coletivo de produção/reflexão de conhecimentos é possibilitar que os alunos (todos os envolvidos no processo) utilizem os conhecimentos como instrumento de ampliação das suas capacidades, como elementos constituidores de si mesmo enquanto sujeitos históricos que participam ativamente do mundo em que estão inseridos (PPP, 2010, p.12).

O Colégio, com a devida aprovação do Conselho Deliberativo, definiu os critérios para as inscrições que visam o processo seletivo por meio de sorteio e/ou teste classificatório para a complementação das vagas existentes na instituição de Ensino (PPP, 2010). Se compararmos o desempenho na média das notas no ENEM de 2011, a escola possui uma nota pouco acima da média da maioria das escolas públicas de Florianópolis e abaixo da média da maioria das escolas particulares de Florianópolis.

O contato com a administração escolar procedeu-se com a apresentação do projeto de pesquisa e a proposta de trabalho a ser desenvolvido. Após o planejamento inicial do módulo de ensino, realizou-se uma conversa com uma professora contratada para substituir um professor que estava de licença. O afastamento do professor atrasou a execução das aulas na escola, bem como a possibilidade de acompanhar as turmas antes do desenvolvimento das aulas. Na conversa com a professora houve a exposição da proposta do módulo, com a apresentação das atividades e objetivos do estudo temático e da pesquisa de doutorado. Ela se mostrou receptiva e interessada com as atividades, contribuindo com sugestões. O pesquisador também buscou conhecer os conteúdos que os alunos haviam estudado e estavam estudando nas aulas para, de alguma forma, fazer articulações com os conhecimentos que estavam sendo trabalhados nas aulas e evitar explicações demasiado repetidas que poderiam desestimular os estudantes, ou propiciar discussões muito distantes às que os estudantes estavam desenvolvendo nas aulas de Química.

Como sugestão da direção da escola e da própria professora, houve a negociação das aulas relativas ao projeto do Ensino Médio Inovador<sup>26</sup> (EMI), que integra a escola desde 2010. A professora concordou com a execução da proposta em duas de suas turmas (uma do 1º e outra do 2º ano do ensino médio) do EMI, que ocorre no turno inverso das aulas regulares, no 2º semestre de 2011. A professora destacou que estava com dificuldade em preparar as aulas para trabalhar no EMI, visto que fazia pouco tempo que atuava como professora na escola e ainda não tinha preparado os projetos a serem desenvolvidos com as duas turmas. O EMI configura-se como um espaço rico para desenvolver atividades que têm como proposição superar as limitações do ensino tradicional que se caracteriza como meramente conteudista, propedêutico, linear e fragmentado, e que vê a escola como um centro de informação e transferência de conhecimentos estabilizados. Assim, o estudo da temática “Ar Atmosférico: o Ar que respiramos” tem potencial de considerar aspectos interdisciplinares e contextuais defendidos que objetivam uma educação voltada para a cidadania (BRASIL, 2006).

Segundo PPP da escola, na esfera do Ensino Médio e do Ensino Médio Inovador:

---

<sup>26</sup> Os objetivos do Programa estão disponíveis em [http://gestao2010.mec.gov.br/marcos\\_legais/decree\\_102.php](http://gestao2010.mec.gov.br/marcos_legais/decree_102.php).



o processo de apropriação do conhecimento perpassará pela substancialização dos conhecimentos já apropriados, pela maturidade e discernimento na produção de um pensamento próprio e original, na perspectiva da materialização do conhecimento acumulado, tornando-o apto à pesquisa, na elaboração de novos conceitos, produtor de sua história através da leitura e releitura dos diversos discursos e olhares produzidos pelo homem (p. 14).

Na opinião do diretor de Educação Básica da Secretaria, [...] o programa [EMI] se caracteriza como um avanço, uma vez que o currículo tradicional apresenta dificuldades em aliar o ensino à realidade.

‘O Ensino Médio Inovador busca integrar conhecimento, conteúdo e prática em estreita articulação com a realidade tornando o conhecimento mais vivo, mais próximo dos estudantes e fazendo com que os educadores se tornem articuladores entre currículo, aluno e realidade’ (CANÃS, 2010).<sup>27</sup>

No âmbito da pesquisa, considerou-se o projeto EMI uma oportunidade de trabalhar de modo diferenciado com os estudantes, sem que fosse preciso preocupar-se demasiado com o programa da escola, visto que o ensino regular mantém um plano de ensino para os professores da área de Química, com conteúdos indicados a serem trabalhados em cada série do ensino médio. A proposta de ensino poderia atravancar com o programa da disciplina de Química da escola pelo fato de a abordagem temática elencar conteúdos que, muitas vezes, vão além da lista que tradicionalmente se estabelece para um determinado ano do ensino médio.

O professor/pesquisador formou-se em Licenciatura em Química, em 2007, e Mestrado em Educação nas Ciências, em 2010. A atuação como docente na escola refere-se: aos Estágios Supervisionados (nas disciplinas de Ciências e Química) durante o Curso de Licenciatura que frequentou; ao planejamento e acompanhamento de Situações de Estudo em uma escola estadual (com um grupo de professores de diferentes áreas

---

<sup>27</sup> Disponível em <http://www.sed.sc.gov.br/secretaria/noticias/2301-escola-de-sao-jose-realiza-aula-inaugural-do-programa-ensino-medio-inovador>, acesso em 27 de novembro de 2011.

do conhecimento); e ao trabalho de professor substituto, onde atuou como orientador e supervisor de mais de 30 licenciandos em disciplinas de Prática de Ensino de Química e Estágios Supervisionados (onde houve acompanhamento de aproximadamente 50% das aulas dos licenciandos nas escolas). Trata-se de um professor e pesquisador em fase inicial de carreira.

A turma do 1º ano foi a primeira no estudo da temática. Ela é constituída por 30 alunos, idade de 15-16 anos e residentes em diferentes bairros de Florianópolis e São José. A turma é bastante participativa, com vários alunos que falam durante as aulas. Trata-se de uma turma muito receptiva e espontânea, o que permitiu o diálogo desde o primeiro dia de aula. Ainda que a turma participe, ela possui alunos desatentos e que se dispersam facilmente, o que dificulta a concentração dos mesmos nas discussões durante minutos consecutivos.

A turma do 2º ano iniciou o estudo da temática quase um mês após a do 1º ano. Ela é constituída por 23 alunos, idade entre 16 e 18 anos e residentes em diferentes bairros de Florianópolis e São José. A turma do 2º ano é menos participativa que a do 1º ano e tem poucos alunos que falam durante as aulas. Trata-se de uma turma mais agitada, que se dispersa rápido e é muito unida, pois quando decidem faltar aula, os mesmos são organizados e mobilizam todos os colegas, avisando, inclusive, o professor da disciplina e desafiando a direção da escola, como se pôde observar logo nas primeiras tentativas de encontro com a turma. Esta, num primeiro momento, foi receptiva, mas houve diversos momentos em que o trabalho de organização do espaço escolar como ambiente de estudo tornou-se difícil, pois se formavam grupos que dispersavam a turma como um todo. O diálogo e a atenção por parte dos alunos foi aumentando no decorrer das aulas e os mesmos pareceram mais interessados pelas discussões a partir do terceiro ou quarto encontro, quando um maior número de alunos já participava das aulas.

Ambas as turmas são agitadas, pois os alunos conversam bastante entre si, têm dificuldade em ficar sentados e atentos às explicações do professor, na execução de alguma atividade ou fala de algum colega. Como o professor/pesquisador teve a oportunidade de conhecer várias escolas e turmas do ensino médio em componentes curriculares de estágios supervisionados de licenciandos de Química, na condição de professor substituto na UFSC, pode-se dizer que as turmas possuem características semelhantes às encontradas em muitas escolas públicas de Florianópolis. Grande parte dos estudantes demonstra interesse em fazer vestibular, outra parte é indiferente. Há um número elevado de faltas durante as aulas, o que parece decorrer do fato de as atividades

desenvolvidas no EMI não serem avaliativas, não havendo o somatório na avaliação das notas dos estudantes e também por alguns estudantes trabalharem durante o período do contraturno. No entanto, durante as aulas no período normal, as faltas também são recorrentes, segundo observações e conversas com professores da escola.

Os estudantes aceitaram muito bem a ideia da pesquisa, a gravação das aulas e a análise de suas falas. Vários demonstraram preocupação e questionaram quanto ao uso da imagem que estaria sendo gravada. Uma aluna do 1º ano relatou que outra professora já havia feito registro em vídeo para pesquisa, na sua turma.

A câmera era instalada, sempre que possível, antes dos alunos entrarem na sala de aula e ficava, em quase todo o momento, com o foco no quadro ou onde o projetor focava os diapositivos. Optou-se por esse procedimento para evitar distrações por conta da câmera, como se observou nos poucos momentos em que a mesma se direcionava aos alunos. Essa opção gerou problemas como: a não identificação de alguns estudantes que falavam e a não captação dos gestos e suas expressões faciais. No entanto, a transcrição ou consideração de alguns desses aspectos foram realizados com base na memória do professor/pesquisador. Entende-se que essa perda de informação foi compensada pela maior espontaneidade dos alunos durante as aulas.

Optou-se também que o registro não fosse feito por outro sujeito, pois os estudantes poderiam prestar mais atenção em “aparecer” no vídeo do que participar nas discussões desenvolvidas em aula. Pesquisas destacam a importância de “iniciar as gravações algumas aulas antes das planejadas para a obtenção dos dados, de tal modo que os alunos e o professor já vejam essa função como parte da aula e toda a curiosidade já tenha sido acalmada” (CARVALHO, 2007, p. 31), não sendo o caso desta pesquisa. Nesse sentido, buscou-se manter uma “aula normal”, sem a interferência de outro sujeito que não fazia parte do contexto dos alunos.

Desde já, destaca-se que, apesar de as turmas serem de séries distintas e perfis diferentes, ambas as aulas têm potencial de análise quanto à mobilização de linguagens e pensamentos referentes a partículas submicroscópicas, e pode-se prever que elas apresentam resultados que se corroboram mutuamente, podendo-se, inclusive, fazer considerações relativas a tempos escolares distintos. Ambas as turmas retratam problemas de coerência conceitual que merecem ser debatidos, especialmente quanto à linguagem química que é apropriada e que reflete no modo de promover explicações sobre fenômenos ou situações. Nesse sentido, o fato de analisar turmas distintas não prejudica a análise

realizada, mas incorpora elementos a serem debatidos na área de Ensino de Ciências/Química, em especial, sobre a elaboração de conhecimentos referentes ao emprego (uso e interpretação) de representações de partículas submicroscópicas.

## 5.2 As atividades desenvolvidas no ensino de Química

Neste item apresentam-se os objetivos e as sequências de atividades de ensino que foram desenvolvidas na abordagem temática “Poluição do Ar: O Ar que respiramos”, no âmbito das duas turmas do ensino médio do EMI da escola.

A temática foi planejada e desenvolvida com o objetivo de que os estudantes:

- compreendessem e estabelecessem relações entre aspectos fenomenológicos, teóricos e representacionais (simbólicos) envolvidos no estudo da temática;
- associassem conceitos químicos (como concentração, transformação química, estados físicos, misturas, substâncias, moléculas e elementos químicos) com imagens que representam partículas submicroscópicas que permitem compreensões sobre a temática e suas implicações na sociedade;
- pensassem e desenvolvessem explicações (falas, escritas ou representações), em nível atômico-molecular, de modo coerente com a Ciência Química (ao conhecimento escolar); e
- aprendessem sobre a Ciência, a natureza da Ciência Química, a exemplo da parcialidade das representações, as relações entre fatos e modelos, o papel da especificidade da linguagem química.

O Quadro 01 apresenta, resumidamente, a descrição da sequência de atividades desenvolvidas nos encontros/aulas realizados com a turma do 1º ano do ensino médio.

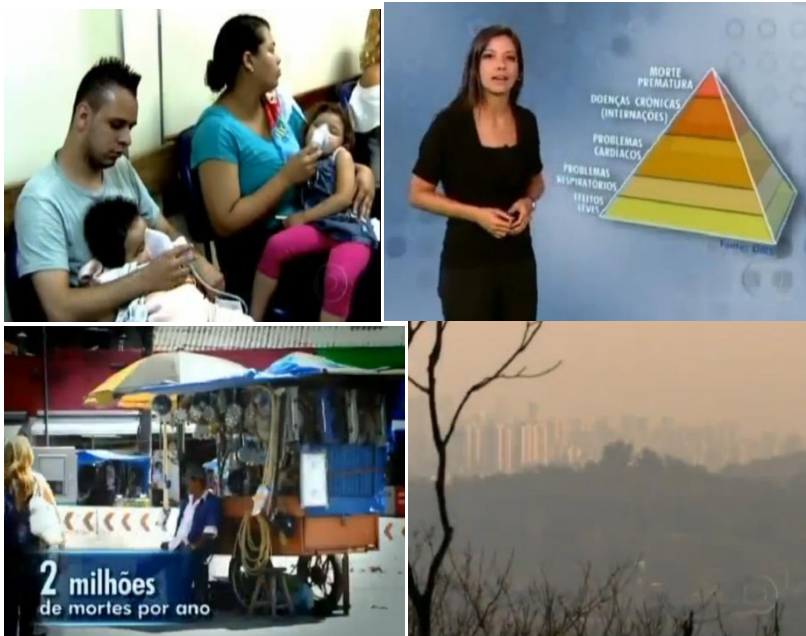
### Quadro 1: Atividades desenvolvidas na turma do 1º ano do ensino médio.

Encontro/dia e Descrição
<p><b>Aula* 01 - 27/09/2011</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação da proposta de ensino para os estudantes e do termo de consentimento.</li> <li>- Entrega do questionário I aos estudantes (Apêndice II). Após resposta individual, recolheu-se o questionário. Em seguida o professor socializou as respostas dos estudantes no quadro, motivando sua</li> </ul>

participação. Discutiu-se sobre as questões respondidas pelos estudantes, com foco na constituição da composição química do Ar (e suas formas de representação) e na possibilidade da mudança na constituição de uma porção de Ar, a exemplo do Ar da própria sala de aula. É importante frisar que algumas das imagens dos estudantes foram reproduzidas no quadro, com o objetivo de problematizá-las.

### Aula 02 - 04/10/2011

- O professor retomou o assunto discutido na aula passada e exibiu um vídeo (disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=rjBAN7valc0>&HYPERLINK e com duração de 3 min. e 40 seg.) sobre a poluição do Ar. Algumas imagens:



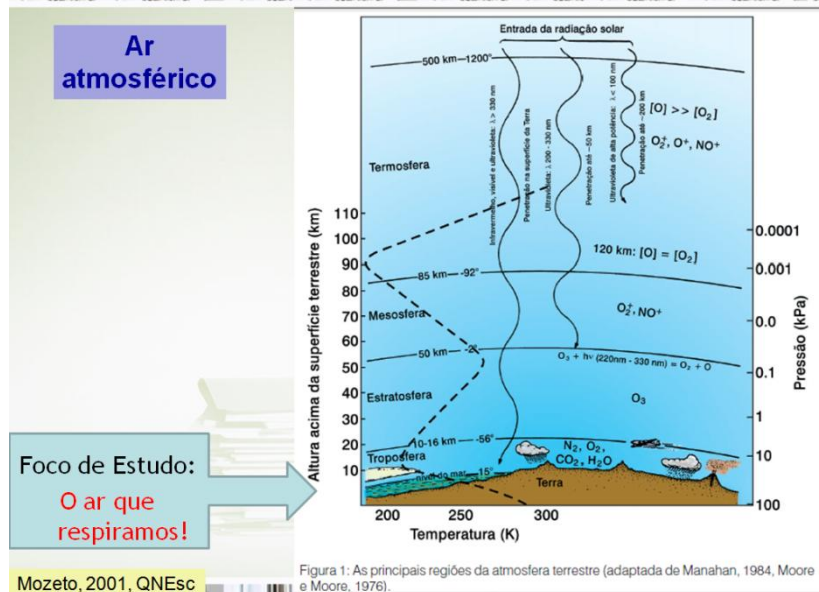
- Destacaram-se e discutiram-se aspectos do vídeo, com a compreensão da relação entre a poluição e uma pessoa saudável ou de “risco”, e a interpretação do número  $0,096 \text{ mg/m}^3$  (referente à concentração de partículas no Ar) e a relação com a poluição do Ar em uma cidade.

- Diferenciaram-se e exemplificaram-se os tipos de poluição: antrópica e natural.

- Problematicou-se sobre a maresia, a temperatura, o vento, a chuva e outros fatores que interferem na composição do Ar, em especial, na

poluição. A partir disso, discutiu-se sobre a constituição do Ar em diferentes lugares/ambientes e a possibilidade de modificá-lo.

- Apresentou-se a constituição da composição do Ar atmosférico em distintas camadas da atmosfera (com base na ilustração abaixo), o nome das substâncias, sua características, porcentagem existente e sua representação.



Foco de Estudo:

O ar que respiramos!

Mozeto, 2001, QNEsc

- Apresentação de parte do vídeo (Disponível em: <http://vicvideos2000.blogspot.com/2011/07/telecurso2000-aula-1050-quimica.html>, com duração de 14min. e 15seg.) que fala sobre o Ar atmosférico como uma ‘solução gasosa’ e mostra um experimento que separa (ao menos em parte) o gás oxigênio do Ar atmosférico. Problematizou-se alguns conceitos do vídeo.

- Apresentou-se e buscou-se entender a definição de ‘poluição’ e ‘poluição do Ar’, bem como alguns ‘agentes’ de poluição (as partículas), seus efeitos na saúde e a origem das partículas.

- A partir da temática poluição do Ar, houve a explicação e relação (via exemplo e conceituação) das palavras ‘solução gasosa’ (‘mistura’), ‘substância’, ‘molécula’, ‘ligação química’ e ‘átomo’ e seu uso na Ciência/Química.

- No fim da aula, introduziu-se a discussão sobre a importância da Química e do papel do uso de representações/imagens na Química (a

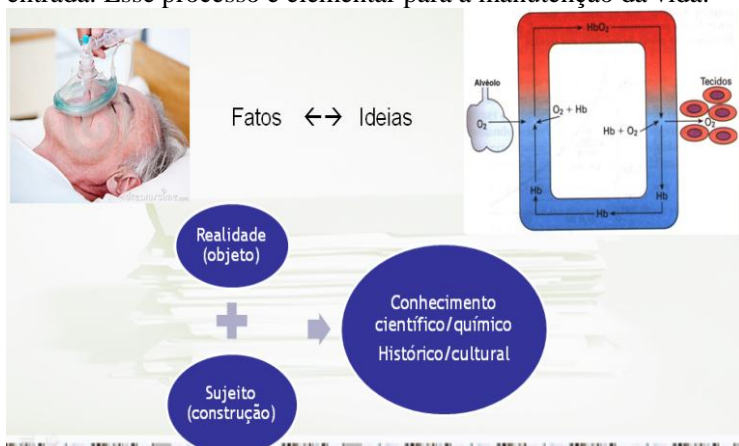
realidade que elas representam) e sobre como o conhecimento científico é produzido e validado na ciência. Distinções e relações entre aspectos do macroscópico (fatos, fenômenos e percepções como a respiração), do submicroscópico (as teorias, modelos explicativos que dizem como se constitui o Ar, sobre como esse Ar é metabolizado durante a respiração) e do representacional (as simbologias, fórmulas químicas, representações de moléculas). Seguem alguns textos e imagens usados nos diapositivos em aula:

“Observar/sentir que há a **necessidade da respiração é um fato** que pode ser observado no dia a dia ou em um laboratório fazendo-se atividades experimentais.

- Para explicar esses fatos utilizamos **modelos teórico-explicativos**: o ar da atmosfera é constituído por uma mistura de partículas (macroscópicas e submicroscópicas).

Explicamos **o fato** com **um modelo**: as partículas, a exemplo do gás oxigênio, gás nitrogênio, água, gás carbônico, poeira e outras partículas são inspiradas e expiradas perpassando o sistema respiratório em certos intervalos de tempo.

→ Nesse processo (inspiração e expiração), especialmente, a concentração de gás oxigênio é maior na entrada do que na saída e a concentração de gás carbônico é maior na saída do que na entrada. Esse processo é elementar para a manutenção da vida.



»

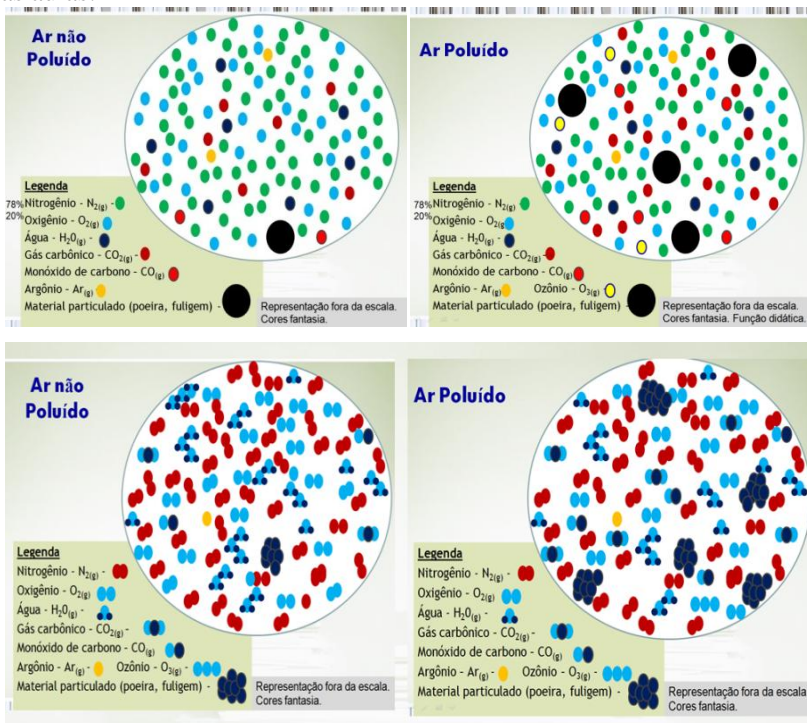
### Aula 03 - 18/10/2011

- Retomou-se a temática em estudo, fazendo-se relação (com

exemplificação) entre as palavras ‘mistura de partículas’, ‘macroscópico e submicroscópico’, ‘substância’, ‘molécula’ e ‘átomo’. Explicou-se sobre a linguagem (signos e seus significados) que constitui uma equação química.

- Avançou-se na relação existente entre fatos e modelos e entre realidade e conhecimento, com a apresentação de uma breve retomada histórica sobre o conceito de átomo e substância.

- Problematizaram-se as representações de porção de Ar poluído e não poluído desenhado por alguns estudantes. Para isso, fez-se uso da projeção de representações elaboradas no Questionário I e de representações elaboradas pelo professor. Buscava-se entender representações dos estudantes, bem como a necessidade de, na Química, representar em nível submicroscópico (pensar na constituição do Ar e representar suas partículas). Seguem representações sobre as porções de partículas submicroscópicas de Ar em diferentes ambientes gasosos elaboradas pelo professor e que foram projetadas, como *slides*, durante as aulas:



As diferentes representações tinham o objetivo de avançar na



compreensão da não existência de uma única forma de representar o Ar. Buscou-se relacionar cada entidade química representada (gás oxigênio, gás hidrogênio, etc.) na forma de bolinhas de diferentes cores às partículas que constituem o Ar, pelo fato de não serem estáticas, coloridas e estarem fora da escala. O maior objetivo centrou-se para que os estudantes compreendessem a diferença entre o Ar poluído e Ar não poluído, associando a poluição ao conceito químico de concentração, à compreensão das transformações do Ar, à constituição de diferentes concentrações de substâncias ou agregados de partículas (como o material particulado e vapor d'água) em diferentes sistemas. Isso independe da necessidade dos estudantes representarem cada átomo que constitui as moléculas, como nos dois últimos *slides*. O professor esperava que os estudantes expressassem uma compreensão coerente com a Química, pensando a matéria no nível atômico-molecular, com explicações que considerassem as partículas submicroscópicas (não só a representação do macroscópico ou a descrição de um fenômeno). As aulas visavam inserir os estudantes no discurso do conhecimento químico, de entender a presença de diferentes concentrações de substâncias e agregados de partículas, suas consequências ao ambiente e ao sistema respiratório humano.

- Apresentou-se o simulador “Propriedades dos gases” (Objeto de aprendizagem - <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>). Na discussão, buscou-se avançar na compreensão sobre: o movimento das partículas e suas colisões; as transformações que permeiam a constituição do Ar; a influência da pressão, da temperatura, do volume e da gravidade; ambientes em que a constituição do Ar sofre alterações (na sala de aula ou fora dela, no centro da cidade, etc.); a existência dos espaços vazios entre as partículas; e destacar os limites das representações, visto que a representação é sempre parcial.

- Atividade: distribuíram-se, em grupos de estudantes, caixas brancas de diferentes tamanhos e com diferentes objetos em seu interior. Solicitou-se que os mesmos explicassem o que havia em seu interior com argumentos que convencessem o professor e os colegas. Como a aula estava no fim, apesar da grande movimentação e curiosidade frente à atividade, houve apenas a socialização das percepções sobre os objetos no interior das caixas e realizou-se uma breve retomada sobre a tarefa do cientista e a importância dos modelos na Ciência. Assim, pouco se trabalhou a analogia da atividade desenvolvida e à sua relação com o trabalho desenvolvido na Ciência. Ou seja, parece ter ficado vaga a discussão sobre a importância: de estabelecer um problema de pesquisa, uma situação (fenômeno ou problema) a ser conhecida; de experimentos

ou instrumentos tecnológicos; da descrição, criar hipóteses e argumentos com base em teorias sociais e historicamente construídas; da socialização e validação de resultados na comunidade científica.

#### **Aula 04 - 25/10/2011**

- Falou-se e discutiu-se sobre o vulcão do Chile que entrou em atividade durante a semana, retomando-se a ideia da possibilidade de modificação da constituição do Ar sobre a poluição do Ar. Buscou-se avançar na compreensão sobre o conceito de Ar poluído e não poluído expresso pelos estudantes na primeira aula, a exemplo da compreensão de que o Ar poluído não contém oxigênio e que o homem é o único agente de poluição.

- Expuseram-se alguns problemas gerados (ou agravados) devido à elevada concentração de partículas na atmosfera, com explicações e compreensões sobre: problemas respiratórios e saúde em geral; efeito estufa/aquecimento global; camada de ozônio e chuva ácida. A abordagem tinha como objetivo destacar aspectos locais e globais associados à constituição do Ar, aos efeitos na saúde humana e ao Planeta, aos agravantes da poluição e às ações que podem ser realizadas para minimizar os seus efeitos.

- Questionário II (Apêndice III): solicitou-se aos estudantes representar a constituição do Ar presente em uma sala de aula e a constituição do Ar em um local próximo ao vulcão Puyehue, no Chile. O objetivo da atividade era exercitar os modos de representação dos estudantes a diferentes sistemas, fazê-los imaginar as partículas, associando-as ao conceito de concentração de determinadas partículas constituintes do Ar.

#### **Aula 05 - 01/11/2011**

- Questionário III (Apêndice IV): o objetivo era identificar indícios de elaboração conceitual na temática em estudo, bem como averiguar o modo como os estudantes empregavam conceitos, explicações e representações de partículas submicroscópicas. O questionário foi apresentado como avaliação.

Após a avaliação, realizou-se uma atividade em Grupo, distribuindo-se reportagens sobre poluição atmosférica da revista “Scientific American Brasil”

([http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/perigo\\_no\\_ar\\_imprimir.html](http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/perigo_no_ar_imprimir.html),  
[http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/poluicao\\_compromete\\_saude\\_de\\_crianças\\_na\\_china.html](http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/poluicao_compromete_saude_de_crianças_na_china.html),

[http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/perigo\\_no\\_ar\\_novos\\_testes\\_revelam\\_milhares\\_de\\_quimicos\\_potencialmente\\_nocivos\\_a\\_mais\\_imprimir.html](http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/perigo_no_ar_novos_testes_revelam_milhares_de_quimicos_potencialmente_nocivos_a_mais_imprimir.html)) e

de um livro do ensino médio (*Poluição de Interiores*, de livro Martha Reis, 2010). Orientou-se para a discussão nos grupos e para a realização de uma breve apresentação aos colegas. Devido ao tempo reduzido, o estudo dos textos e a apresentação pelos grupos foram prejudicados.

#### **Reunião 01 - 16/11/2011**

- Conversa (denominada na pesquisa de Reunião ou entrevista semiestruturada), com 05 alunos da turma, com questões abertas que envolveram atividades desenvolvidas durante o módulo, em especial, sobre respostas do Questionário III e aspectos associados a representações de partículas submicroscópicas.

#### **Aula 06 e Reunião 02 - 24/11/2011**

- Atividade em dupla (realizada por parte dos alunos) com produção de um texto com base em tirinhas sobre poluição (Apêndice V).
- Com 06 alunos da turma houve uma conversa (reunião) com questionamentos que envolveram atividades desenvolvidas durante o módulo, em especial, sobre suas respostas ao Questionário III.
- No fim da aula realizou-se uma atividade com o uso de um vidro de perfume. Esguichou-se um pouco de perfume nos cantos da sala. Discutiui-se a modificação da atmosfera presente na sala devido à presença de substâncias voláteis, além da discussão sobre o modo de atuação do perfume nos nossos sentidos.
- Retomaram-se alguns pontos da avaliação em que os alunos apresentaram maiores dificuldades, a exemplo da compreensão sobre uma equação química.

\* Cada aula corresponde a 90 minutos por semana (2 horas/aula). Total de 12 horas/aula.

A seleção dos alunos para a reunião (com questões semiestruturadas) deu-se pela necessidade de melhor compreender o exposto no Questionário III, em vista dos termos ou representações que deixavam mais dúvidas quanto à sua interpretação. A divisão dos dois grupos deu-se pelo conhecimento vivenciado nas aulas, no sentido de dividi-los entre os alunos mais falantes e menos falantes. A Reunião 01 foi com os mais falantes, já que poderiam constranger seus colegas, e a Reunião 02, com alunos menos falantes (a reunião 01 foi a mais prejudicada pela concomitância de atividades desenvolvidas em aula). Nas reuniões, a ideia era de que todos falassem e se sentissem confortáveis para responder aos questionamentos individuais ou coletivos realizados. Uma das alunas selecionadas na Reunião 02 não

quis participar e uma das alunas só participou com a companhia de sua amiga. Nesse sentido, o grupo com 06 alunos ficou grande e se dispersava facilmente entre si e entre colegas que durante a aula faziam outras atividades.

O Quadro 02 apresenta, resumidamente, a descrição da sequência de atividades desenvolvidas nos encontros/aulas realizados com a turma do 2º ano do ensino médio.

**Quadro 2: Atividades desenvolvidas na turma do 2º ano do ensino médio.**

<b>Encontro/dia e Descrição</b>
<p><b>Aula* 01 - 13/10/2011</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação da proposta de ensino para os estudantes e do termo de consentimento.</li> <li>- Questionamentos com a socialização, no quadro, das respostas dos estudantes: 1) O que é poluição? Cite algum exemplo de poluição que você conhece. 2) Você considera adequado o Ar que você respira no seu dia a dia? Por quê? 3) Do que é formado/constituído o Ar que você respira? Ele pode ser modificado? Como? Devido ao tempo, diferentemente da turma anterior (que respondeu essas questões no Questionário I – Apêndice II), faz-se a socialização das respostas no quadro, e entregou-se apenas a questão 04 do Questionário I para os estudantes responderem individualmente. Após a resposta individual, recolheu-se o questionário.</li> <li>- Após a socialização das respostas, discutiram-se alguns aspectos problemáticos, em especial, sobre a constituição da composição química do Ar e a possibilidade de mudança na sua constituição, tendo como exemplo o Ar da sala de aula.</li> </ul>
<p><b>Aula 02 - 20/10/11</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retomou-se a temática e questões discutidas na aula passada.</li> <li>- Apresentaram-se dois vídeos, um sobre a poluição do Ar (disponível em: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=rjBAN7valc0&amp;HYPERLINK">http://www.youtube.com/watch?v=rjBAN7valc0&amp;HYPERLINK</a>, com duração de 3min e 40seg.) e outro sobre o vulcão no Chile que havia entrado em atividade (disponível em: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=t3CTAXAKHbQ">http://www.youtube.com/watch?v=t3CTAXAKHbQ</a>, com duração de 2min e 23seg.) que foi aliado a imagens da “W1TV” (vídeo com endereço indisponível, referente ao “Mystery Hunter” “The quest films”, “Pyramid Studios”). Algumas imagens:</li> </ul>



Durante a apresentação os vídeos eram pausados e se destacavam pontos para a discussão. O primeiro vídeo (também usado na turma anterior) é uma reportagem que problematiza a poluição do Ar e algumas de suas consequências. Destacaram-se e discutiram-se alguns pontos do vídeo, como a compreensão da relação entre poluição e uma pessoa saudável ou de “*risco*” e a interpretação do número (concentração de gases poluentes) que indica a poluição do Ar em uma cidade. O segundo é sobre o vulcão do Chile que havia entrado em atividade durante a semana. Professor e estudantes relataram acontecimentos vivenciados em Florianópolis devido ao vulcão (cinza sobre carros, irritação nos olhos, problemas respiratórios) e problemas gerados por outros tipos de poluição do Ar.

- Os vídeos contribuíram na diferenciação e exemplificação da poluição antrópica e natural, e a compreensão de que ambas podem implicar em consequências prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.

- Problematicou-se sobre a maresia e outros fatores como a temperatura, o vento e a chuva que interferem na composição do Ar, em especial, na poluição. A partir disso, discutiu-se sobre a constituição do Ar presente em diferentes lugares/ambientes e a possibilidade de mudá-lo.

- Iniciou-se a problematização de representações de porção de Ar poluído e não poluído feito por alguns estudantes (para isso, fez-se uso da projeção de representações dos mesmos) de modo a ampliar a percepção dos estudantes sobre a temática em estudo e os modos de

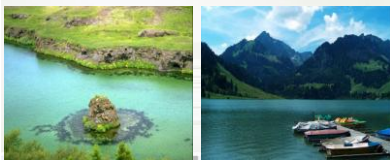
representação do Ar poluído e não poluído.

### Aula 03 - 27/10/2011

- Por demanda dos estudantes e da professora, o professor/pesquisador (PP) apresentou aos estudantes lugares considerados “mais e menos poluídos” do Planeta. As imagens, especialmente dos locais mais poluídos chocavam os estudantes. Imagens:

- A Islândia é o país mais limpo do mundo, seguido de Suíça, Costa Rica, Suécia e Noruega.  
→ Estudo elaborado por pesquisadores das universidades americanas de Yale e Columbia ao levar em consideração 25 indicadores de sustentabilidade.

• <http://guppqgarravetnode.com.br/products/corhetfC31A7A/120os%20pais%20mais%20limpos%20do%20mundo/>



### Lugares mais poluídos do mundo.



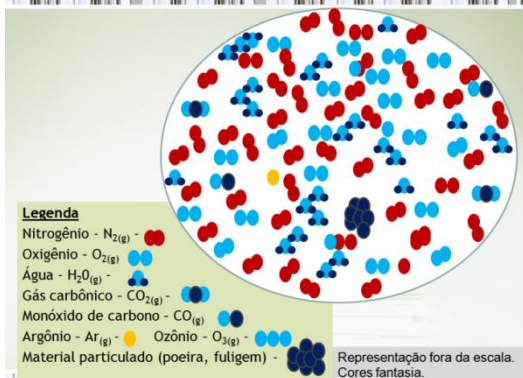
- 1- Rio Citarum (Indonésia) tem sido chamado de rio mais poluído do mundo. Cerca de cinco milhões de pessoas vivem na bacia do rio, e muitos deles dependem de seu fluxo para o seu abastecimento de água.
- 2 - Linfen (China) tem mais poluição atmosférica do que qualquer outra cidade no mundo. A poluição do centro urbano e fuligem de poluentes industriais e automóveis denegrem o ar em todas as horas.

Fonte: <http://big.ig.com.br/opinaotomo2/2009/10/01/os-15-lugares-mais-poluídos-do-mundo/>

- Retomou-se a problematização das representações de porção de Ar poluído e não poluído elaborados por alguns estudantes, fazendo uso da projeção de suas representações.

- Falou-se sobre a composição do Ar atmosférico, o nome das substâncias, as suas características, a porcentagem existente e sua representação.

- Em contraponto aos desenhos (representações) dos estudantes, expôs-se a representação de uma porção de Ar produzida pelo PP.



Apresentação de parte do vídeo (disponível em: <http://vicvideos2000.blogspot.com/2011/07/telecurso2000-aula-1050->

quimica.html) que fala sobre o Ar atmosférico como uma ‘solução gasosa’ e mostra um experimento que separa (ao menos, em parte) o gás oxigênio do Ar atmosférico. Problematicaram-se alguns conceitos do vídeo.

#### **Aula 04 - 03/11/2011**

- Atividade: Como na turma anterior, em grupos de estudantes, distribuíram-se caixas brancas de diferentes tamanhos e objetos em seu interior. Solicitou-se que os mesmos dissessem o que havia dentro e expressassem argumentos que convencessem o professor e os colegas. Depois, houve discussões sobre o papel do cientista, dos modelos explicativos e a distinção e relação entre realidade e modelo.
- Introduziram-se discussões sobre a importância da Química e do uso de representações/ imagens na Química (sobre a realidade que elas representam), sobre como o conhecimento científico é produzido e validado na ciência. Distinção entre macroscópico, submicroscópico e representacional. Fatos/fenômenos e modelos teóricos/de explicação.
- Breve retomada histórica sobre o conceito de átomo e substância. Explicação e distinção das palavras ‘equação química’, ‘solução gasosa’ (‘mistura’), ‘substância’, ‘molécula’, ‘ligação química’ e ‘átomo’ e seu uso na Ciência/Química.

#### **Aula 05 - 10/11/2011**

- Apresentou-se e buscou-se entender a definição de ‘poluição’ e ‘poluição do Ar’.
- Retomou-se a temática, a distinção e relação entre poluição antrópica e natural, mistura de partículas (macro e submicroscópicas), substância, molécula e átomo.
- Devido às dificuldades observadas na turma anterior, desenvolveu-se uma discussão mais aprofundada sobre a importância da Química e do uso de representações na Química, a relação entre conhecimento e realidade, sobre como o conhecimento científico é produzido e validado na Ciência. Retoma a relação existente entre: realidade e conhecimento; macroscópico, submicroscópico e representacional; e fatos e modelos (para explicação do Ar atmosférico, com foco no Ar que respiramos).

#### **Aula 06 - 22/11/11**

- Distinção sobre a representação de uma porção de Ar poluído e não poluído (com base na representação elaborada pelo PP).
- Como na turma anterior, apresentou-se o simulador “Propriedades dos gases” (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>), com as

discussões envolvendo: o movimento das partículas e suas colisões; as transformações que permeiam a constituição do Ar; a influência da pressão, da temperatura, do volume e da gravidade; ambientes em que a constituição do Ar sofre alterações (na sala de aula ou fora dela, no centro da cidade, etc.); a existência de espaços vazios entre as partículas; e destacar os limites das representações, visto que são parciais.

- Problemas gerados ou agravados devido à alta concentração de partículas na atmosfera: problemas respiratórios e saúde em geral; efeito estufa/aquecimento global; *smog* e inversão térmica; camada de ozônio e chuva ácida. Uma breve explicação e diferenciação dos mesmos, relacionando-os com a questão da mudança na constituição do ar atmosférico.

- Questionário II (Apêndice III): solicitou-se que os estudantes representassem a constituição do Ar presente em uma sala de aula e a constituição do Ar em um local próximo ao vulcão Puyehue, no Chile.

#### **Aula 07 - 24/11/2011**

- Questionário III, avaliação (Apêndice IV).

- Atividade em dupla: produção de um texto com base em tirinhas sobre poluição (Apêndice V).

#### **Reunião 01 - 01/12/2011**

- Conversa (reunião ou entrevista semiestruturada) com 04 alunos da turma sobre respostas ao Questionário III e outras questões abertas associadas às representações de partículas submicroscópicas.

\* As aulas de número 01 a 05 tiveram duração de 45 minutos (1 hora/aula), enquanto que as aulas 06 e 07 tiveram uma duração de 90 minutos (2 horas/aula). Total de 09 horas/aula.

Devido ao tempo disponível na escola, realizou-se a reunião com apenas um grupo de estudantes. Assim como na turma anterior, a seleção dos alunos para a reunião (com questões semiestruturadas) deu-se pela necessidade de melhor compreender as respostas dadas ao Questionário III, em vista de termos ou representações que deixavam dúvidas quanto à sua interpretação. A ideia era de que todos falassem, para a qual se planejaram questionamentos individuais e coletivos. Como dois dos alunos selecionados faltaram na reunião, PP convidou um dos alunos que mais falava na aula, ainda que não houvesse questionamentos específicos ao mesmo.

Apesar de as atividades do módulo de ensino não terem sido desenvolvidas na mesma sequência nas duas turmas, mas com



discussões e atividades um pouco distintas, como se pôde perceber ao analisar as duas sequências de aulas, isso não foi um fator limitante ou problema teórico. Afinal, as duas turmas acompanhadas eram diferentes, os interesses nas discussões e atividades, assim como os rendimentos ou tempos para discussão, foram igualmente diferentes, o que reforça as questões defendidas na literatura sobre a singularidade de estudantes e turmas de estudantes.

Imprevistos na organização escolar também prejudicaram a possibilidade de realização de mais encontros com os estudantes, o que dificultou a profundidade de discussões e uma maior isonomia das atividades desenvolvidas em cada uma das turmas. Entretanto, essas incidências também fazem parte do contexto escolar e é importante que não sejam encaradas como um problema teórico do processo de ensino e aprendizagem em análise, mas como um processo de ensino que se desenvolveu em um cenário real da escola, que se afasta de algumas idealizações teóricas defendidas na literatura.

Com base nos pressupostos teóricos, no material empírico e nos instrumentos explicitados ao longo dos capítulos anteriores, construíram-se categorias apresentadas e discutidas nos itens subsequentes.

### **5.3 Aspectos da elaboração conceitual sobre representações de partículas submicroscópicas**

Como o objetivo geral da pesquisa visa conhecer como ocorre a elaboração conceitual, em especial, de representações de partículas submicroscópicas em processos de ensino de Ciências/Química desenvolvidos na escola, a análise textual discursiva e a análise microgenética possibilitaram elencar categorias de análise. No Quadro 03, apresentam-se as categorias emergentes e suas respectivas descrições.

#### **Quadro 3: Apresentação e descrição sintética das categorias emergentes da pesquisa**

Categoria	Descrição da categoria
<p><b>1) A não transparência</b></p>	<p>Com base na perspectiva histórico-cultural (em especial, na compreensão de que os sujeitos usam e constituem-se pela linguagem, nos contextos sociais, históricos e culturalmente situados), entende-se que um texto ou uma imagem não remete apenas para um único sentido ao interpretante. O professor ou o autor de um discurso (texto, imagem, enunciado), devido a sua materialidade (material simbólico e situada social e historicamente), não tem controle sobre os diferentes modos de interpretação dos sujeitos. A especificidade da linguagem química, do pensamento em nível submicroscópico, demanda compreensões sobre a natureza da Ciência, conceitos químicos e simbologias não transparentes às representações de partículas submicroscópicas quanto ao conhecimento cotidiano dos estudantes. Os discursos e as representações dos estudantes também podem não ser transparentes ao professor que já está inserido na linguagem química. Não temos acesso ao pensamento dos estudantes, os nexos conceituais estabelecidos <i>pela</i> e <i>na</i> linguagem são permeados por tensões, apreensões de discursos e ideologias, de reconstruções históricas, culturais e socialmente estabelecidas, seja na escola ou fora dela.</p>

<b>2) Obstáculos e potencialidades</b>	<p>Apresentam-se e discutem-se os obstáculos do substancialismo, do verbalismo, do animismo, do senso comum e, em especial, do realismo ingênuo, que permeiam os discursos do professor e dos estudantes no processo de ensino e de aprendizagem sobre imagens representativas de partículas submicroscópicas. As discussões visam chamar a atenção para o modo como o professor dialoga com os estudantes, a mediação didática de signos específicos, a regulação de sentidos nas interlocuções acompanhadas e que visam à elaboração de significados coerentes com a Ciência/Química. Nesse sentido, a categoria discute sobre a “força” e a importância que as imagens (figuras, simuladores, vídeos) têm no processo de ensino, na memória e no uso da mesma à interpretação de novas situações (como atividade reprodutiva e/ou criativa), ora coerente ou incoerente com explicações específicas ao conhecimento escolar.</p>
<b>3) Elaboração conceitual</b>	<p>Refere-se a indícios de elaboração conceitual, por parte dos estudantes e do professor/pesquisador, de conhecimentos escolares envolvidos no módulo de ensino, por meio de simbologias, palavras, expressões químicas e imagens. As relações entre linguagens e pensamentos, o que inclui as dificuldades em expressar o pensamento em nível submicroscópico, especialmente pelo fato de os estudantes estarem no início dos processos de elaboração de conceitos químicos. A importância da percepção/descrição dos limites e potencialidades do que é representado por meio do uso de imagens em sala de aula (percepção de escala, movimento das partículas, representação como modelo parcial, superação do realismo ingênuo). A importância da problematização, de processos de (re)elaborações conceituais e de sistematizações de conhecimentos envolvidas nas relações entre o fenomenológico, o teórico e o representacional. A compreensão de que o ensino é diferente do aprendido e de limites associados com a avaliação sobre elaborações conceituais e sobre representações de partículas submicroscópicas desencadeadas nas aulas acompanhadas.</p>

Embora as categorias possam ser discutidas individualmente, elas se articulam e se influenciam mutuamente quando pensamos na elaboração de linguagens e pensamentos que envolvem representações de partículas submicroscópicas. Elas ajudam responder às questões de pesquisa ao trazer discussões que podem potencializar a formação de um professor de Ciências/Química quanto ao processo de ensino e aprendizagem.

As comunicações dos resultados de pesquisa estão em sintonia com os instrumentos metodológicos descritos no Capítulo 4. Portanto, nas categorias e seus respectivos focos de discussão, o que fazemos são os relatos de situações do contexto em que as falas se originam; recortes de episódios das aulas e entrevistas; uso de imagens apresentadas pelo professor ou elaboradas pelos estudantes e o uso de respostas a questionários e de instrumentos de avaliação aplicados pelo professor/pesquisador. A partir desse *corpus*, à luz de referenciais teóricos, faz-se a análise e a interpretação com vistas às questões de pesquisa, isto é, a comunicação dos seus resultados.

## 6 O PROCESSO DE ELABORAÇÃO CONCEITUAL SOBRE REPRESENTAÇÕES DE PARTÍCULAS SUBMICROSCÓPICAS

O capítulo apresenta os resultados da pesquisa, isto é, as proposições construídas e defendidas: as imagens e discursos não são transparentes, pois podem conduzir o pensamento para diferentes percepções; não temos acesso ao pensamento do Outro, aos seus nexos conceituais; o contexto histórico-cultural constitui conhecimentos, modos de ver, pensar e agir dos indivíduos; imagens, como as que representam as partículas submicroscópicas, podem acarretar obstáculos no modo de entender a natureza da Ciência ou os conceitos químicos assim como potencializar a aprendizagem do conhecimento químico. Ou seja, imagens atuam na memória, coparticipam em explicações elaboradas pelos estudantes, desdobram-se em nexos conceituais coerentes (ou não) ao discurso químico. Ao analisar as falas, os escritos e as imagens elaboradas pelos estudantes, o processo de ensino, há indícios de elaboração conceitual; a elaboração conceitual não está pronta, acabada ou consolidada, mesmo quando os discursos dos estudantes são regulados pelo professor ou quando há a repetição de palavras ou explicações coerentes com a Química. Logo, esses conceitos são permanentemente negociados nas interações sociais, estão em tensão em espaços que extrapolam a escola.

No intuito de dissertar sobre essas proposições, faz-se um exercício a fim de destacar interlocuções entre os estudantes e os professores sobre a temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos”, abordada nas aulas das duas turmas do ensino médio. Não se objetiva findar as discussões sobre o acesso a todas as simbologias, palavras ou expressões químicas que permeiam o *corpus* conceitual das ‘representações de partículas submicroscópicas’ empregadas, mas traçar hipóteses sobre indícios de sentido que integram elaborações conceituais dos sujeitos envolvidos nos discursos em sala de aula, e que constituem e subsidiam o acesso à leitura de imagens, à luz das Ciências/Química. Essas representações são uma forma de manifestação da linguagem empregada nas aulas de Química, funcionando e atuando como instrumentos, ferramentas didáticas, que visam auxiliar na compreensão da temática em estudo, permeadas de significados químicos.

A análise sobre a própria prática docente (do professor/pesquisador - PP) deriva da interlocução com uma multiplicidade de vozes, de leituras na área de Educação e Ensino, material empírico, experiências anteriores como professor e aquelas

relacionadas às vivências como docente no próprio módulo de ensino, coerente com a perspectiva de atuação do PP (MALDANER, 2003). Ao considerar o exposto, na sequência, apresentam-se e discutem-se as categorias emergentes constituídas por focos de análise/discussão sobre os resultados, com o objetivo de contribuir na organização dos resultados da pesquisa.

### **6.1 A não transparência**

Com base na perspectiva histórico-cultural - na consideração dos aspectos sociais e históricos de desenvolvimento humano que procedem e emergem da materialidade simbólica das práticas sociais e coletivas mais amplas e com ênfase no funcionamento da linguagem que constitui a atividade humana (portanto, em sintonia com Vigotski, Bakhtin, Fleck) -, parte-se do pressuposto de que a interpretação de imagens, devido a sua materialidade (simbólica e inscrita em uma história, em um contexto sociocultural), remete para diferentes sentidos e a distintos sujeitos. A categoria em discussão refere-se às dificuldades de interpretação (dos estudantes e do PP) devido a "não transparência" de imagens, simbologias ou palavras que compõem o discurso escolar sobre a temática "Poluição do Ar: o Ar que respiramos" em estudo.

A categoria reflete a necessidade da inserção de um modo específico de ver, pensar, expressar e interpretar imagens e fatos/situações, a apropriação e o uso de conhecimentos específicos que sejam coerentes com a Ciência/Química. Com base em distintas pesquisas, Silva (2006) problematiza a transparência das imagens, afirmando que "parece ser unânime a idéia de que imagens não são imediatamente transparentes e, portanto, precisam ser explicitamente trabalhadas" (p. 72), pois elas "têm sido vistas única ou mais enfaticamente como representações de idéias ou conceitos, não sendo dada tanta ênfase à relação entre imagem e o objeto 'externo' e nem ao papel das imagens na sociedade atual" (p. 72).

Na epistemologia, Chalmers (1993) é um dos autores que assinala a visão de que tanto a observação quanto o experimento são orientados por "teorias" pré-existentes, de que não há "descobertas", mas "produção de conhecimentos" através de conhecimento historicamente em (re)elaboração, pois:

admite-se livremente que novas teorias são concebidas de diversas maneiras e, freqüentemente, por diferentes caminhos. [...] As teorias podem ser, e geralmente são, concebidas

antes de serem feitas as observações necessárias para testá-las. [...] é essencial compreender a ciência como um corpo de conhecimento historicamente em expansão e que uma teoria só pode ser adequadamente avaliada se for prestada a devida atenção ao seu contexto histórico. A avaliação da teoria está intimamente ligada às circunstâncias nas quais surge. [...] não se pode manter uma distinção acentuada entre a observação e a teoria porque a observação ou, antes, as afirmações resultantes da observação são permeadas pela teoria. (CHALMERS, 1993, pp. 61-62).

Nessa perspectiva, Chalmers (1993) também ajuda a traçar compreensões que apontam para a problemática da não transparência do discurso científico e de imagens(perceptíveis pelos sentidos ou construídas com fins didáticos, de explicação), como as representações de partículas submicroscópicas que permeiam as aulas de CNT:

embora as imagens sobre nossas retinas façam parte da causa do que vemos, uma outra parte muito importante da causa é constituída pelo estado interior de nossas mentes ou cérebros, que vai claramente depender de nossa formação cultural, conhecimento, expectativas etc. e não será determinado apenas pelas propriedades físicas de nossos olhos e da cena observada (pp. 44-45).

Dois observadores normais vendo o mesmo objeto do mesmo lugar sob as mesmas circunstâncias físicas não têm necessariamente experiências visuais idênticas, mesmo considerando-se que as imagens em suas respectivas retinas possam ser virtualmente idênticas. [...] os dois observadores não “vêm” necessariamente a mesma coisa (p. 49).

Ao compreender a não transparência do discurso científico e da linguagem química que envolve o seu ensino, destaca-se para a importância da mediação e vigilância no modo de entender e explicitar os signos que permeiam as imagens representativas de partículas submicroscópicas, suas simbologias e as palavras específicas que contribuem na explicação de situações/fenômenos estudados em sala de aula. Essas compreensões também estão em sintonia com as discussões

desenvolvidas com base em Fleck, a exemplo das discussões sobre a constituição do estilo de pensamento, a circulação intercoletiva de conhecimentos e práticas e o terceiro fator na gênese do conhecimento (Capítulos 2 e 3). Do mesmo modo, as representações elaboradas pelos estudantes também demandam interpretações específicas pelo professor ou seus colegas, pois mobilizam conhecimentos anteriores aos discutidos em aula. Elas carregam elementos conceituais próprios e definidos por quem os representa (ora mais ora menos coerente com a Ciência), ainda que existam permanentes reelaborações, negociações e tensões com interações sociais anteriores, posteriores e momentâneas aos episódios em análise. Com base nessas compreensões, utiliza-se a expressão de que as ‘imagens não são transparentes’.

Na realidade, toda palavra comporta *duas faces*. Ela é determinada tanto pelo fato de que procede *de* alguém, como pelo fato de que se dirige *para* alguém. Ela constitui justamente *o produto da interação do locutor e do ouvinte*. [...] A palavra é uma espécie de ponte lançada entre mim e os outros. Se ela se apóia sobre mim numa extremidade, na outra apóia-se sobre meu interlocutor. A palavra é o território comum do locutor e do interlocutor (BAKHTIN, 2009, p.117, grifos do autor).

Os discursos que compõem a escola (e também os espaços fora dela) são permeados de gestos, tons de fala, silêncios, expressões faciais, sequências verbais, textos e imagens que se associam a experiências anteriores de cada sujeito e/ou ao que é compartilhado nas aulas. Isso remete para a possibilidade diversa, por estudantes, da apropriação e utilização de discursos químicos mediados na escola (com maior ou menor proximidade aos conceitos químicos). As interações com aspectos verbais e não verbais são oriundas de “um contexto maior histórico, tanto no que diz respeito a aspectos (enunciados, discursos, sujeitos etc.) que antecedem esse enunciado específico quanto ao que ele projeta adiante” (BRAIT; MELO, 2012, p. 67).

Ao considerar o exposto, a compreensão sobre a categoria da “não transparência” suscita discussões de aspectos relacionados aos processos de elaboração conceitual por parte dos estudantes e também a necessidade de se considerar o leitor do texto/imagem o interpretante do enunciado, considerando a natureza própria da Ciência/Química, cujo domínio para o aprendiz se dará em processos e situações de ensino particulares. Essa categoria interfere diretamente em discussões sobre



obstáculos, potencialidades e processos de elaboração conceitual enfatizados nas próximas categorias. Assim, discute-se, na apresentação dos resultados de pesquisa, sobre: (I) a não transparência acerca da natureza da Ciência no ensino de Química; (II) a percepção da não transparência em diversas situações de ensino; e (III) a problemática da interpretação de imagens elaboradas pelo Outro.

### **6.1.1 A natureza da Ciência no ensino de Química**

A relação entre os sujeitos e o objeto (como o estudo de um tema, de uma temática, um conceito ou um fenômeno) que se quer melhor conhecer na escola não é oriunda de uma relação neutra (assim como na produção da ciência Química), pois os sujeitos carregam conhecimentos construídos social e historicamente que direcionam seu olhar, permitindo-os ver e agir de determinados modos (FLECK, 1986, 2010). Isso remete para a relevância de discussões sobre a não transparência das imagens e dos discursos que permeiam as explicações sobre significados conceituais associadas ao ensino de química (os modelos explicativos e representações de partículas submicroscópicas). Esses discursos e representações carregam significados produzidos na comunidade científica, os quais se distinguem dos conhecimentos produzidos no contexto cotidiano, algo que implica em uma vigilância pedagógica e epistemológica associada aos processos de ensino e aprendizagem desenvolvidos na escola (LOPES, 1999). Portanto, não são transparentes: o processo de produção de conhecimento científico; a natureza da Ciência e do trabalho científico; o que são os modelos explicativos; as simbologias químicas; a relação das representações com a realidade; o pensamento em nível submicroscópico, etc.

O fato do professor/pesquisador (PP) ter noções sobre a não transparência do discurso e das imagens implica que, em suas aulas e prática dentro da escola, por exemplo, haja explicações sobre a natureza da Ciência, sobre a especificidade do conhecimento químico, sua linguagem, a diferença entre fatos e modelos e o contexto de produção de conhecimento social e historicamente situado. Com base em Maldaner (2000), entende-se que o ensino de Ciências também visa discutir questões associadas a “como a ciência criou as condições atuais da humanidade e como ela permitirá as novas condições que façam o homem sentir-se integrado na mesma natureza uma e única” (p. 64). Portanto, um papel para além do ensino de definições de conceitos que podem ser entendidos como deslocados de sua historicidade e da

realidade cotidiana, pois “Aprender Química é também aprender sobre a natureza dessa ciência, seus pressupostos e seus métodos” (MACHADO; MORTIMER, 2007, p. 27).

Evidenciou-se em diversos momentos, na análise das aulas, que houve a inserção de discussões mais prolongadas sobre aspectos que regem a natureza da Ciência (os conceitos de modelo e de representação, o papel do cientista e da Química), até aspectos mais sutis ou implícitos presentes no discurso do professor, como colocar em dúvida afirmações sobre o aquecimento global que circundam a mídia.

Com vistas a apresentar algumas discussões que envolvem a natureza da Ciência, segue um dos episódios mais representativos. Insere-se no contexto do estudo da temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos”, mediante argumentos que visam destacar o potencial do discurso químico, a especificidade de sua linguagem para a compreensão de fenômenos e situações cotidianas, na turma do 2º ano, aula 05:

**Episódio 01: a Ciência e as especificidades do conhecimento escolar.**

883. PP: [...] vocês aqui nas aulas de química, vocês têm que acreditar que existem essas moléculas que ((no dia a dia)) consomem [se corrige], se alimentam dessas substâncias. Se vocês não acreditarem, não vai fazer sentido. Vocês acreditam que se alimentam de substâncias? Moléculas?

884. A3: Não.

885. A14: Sim.

886. A4: Não acredito.

887. PP: Não acredita?

888. Ax: Ah, eu acredito.

889. PP: Então, nós acreditamos em algumas coisas... A Ciência explica que essas algumas coisas são as substâncias, são moléculas. Então, claro, nós não nos alimentamos dessa coisa coloridinha e bonitinha que está aí, né, porque essa é uma representação pra explicar o que é a constituição dessas, dessa porção existente, né.

**Macroscópico**

**Submicroscópico**

**Representacional**

Copo com o líquido incolor água (nível macroscópico)

Moléculas de água (nível microscópico)

Fórmula  $H_2O$ , representação para as moléculas de água

TITO; CANTO, 2002, p.44-45

slide projetado por PP].

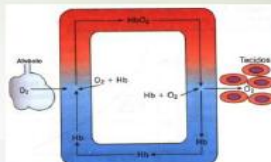
Então, a química trabalha com esses três níveis que são: o macroscópico, que a gente consegue ver; o submicroscópico, que está pra baixo do macroscópico, que a gente não consegue ver nem com o microscópio; e com o representacional, que permite o diálogo em diferentes partes do mundo sobre as mesmas coisas. [enquanto o professor fala, ele vai apontando e sinalizando para as palavras e imagens do *slide*. Discussão com base no livro didático de Beltran e Liegel, 2004]

### FATOS X MODELOS

- O *fato* pertence ao mundo observável da Química.
- O *modelo* pertence ao mundo inobservável da Química.
- Ambos se relacionam: um implica no outro.
- Fazer essas relações é pensar quimicamente.



Fatos  $\leftrightarrow$  Idéias



Realidade  
(objeto)

+

Sujeito  
(construção)

Conhecimento científico / químico  
Histórico / cultural

A gente tem um fato, que eu já tinha falado na aula passada, que é aquilo que nós conseguimos ver. E então a ciência se utiliza de modelos para explicar o que é, por exemplo, essa porção de Ar que nós estamos respirando.

890. A4: Não entendi.

891. PP: Então, o fato está relacionado com a realidade. Você respirar... você percebe que respira. Isso é um fato. **É um fato!** É a realidade. Acontece. Vocês percebem. Isso a gente chama de fato ou realidade. Então, para explicar essa respiração, a química, a biologia, usa do modelo teórico que é uma explicação sobre como acontece a respiração. Então, o que vocês sabem sobre a respiração?

892. A14: A gente respira certos gases que a gente chama de Ar.

893. A3: A gente inspira e aspira.

894. Ax: Aspira e inspira.

895. PP: A gente inspira um monte de gases que estão presentes aqui [indica com as mãos à própria sala de aula] e que a gente já sabe que é nitrogênio, oxigênio, material particulado, gás carbônico. E então nós inspiramos mais ou menos quantidade de oxigênio?

896. A6 e A16: Mais.

897. A14: O que cabe em nossos pulmões.

898. PP: Mais ou menos? **Mais.** Nós respiramos mais oxigênio e sabe que esse oxigênio interage lá nas nossas células e carrega o oxigênio para as células e que, então, permite que nós consigamos nos movimentar e termos energia para fazer os nossos afazeres diários e tudo mais. Então, essa é uma explicação que a ciência utiliza. Então, existe o fato. Aqui [aponta para a fotografia do *slide*], com um homem quase morrendo...

899. A14: Ai que horror.

900. PP... precisa respirar, senão ele morre. Isso é um fato! E a ciência utiliza de modelos para explicar como acontece isso aí [aponta com o indicador para a representação da direita do *slide*]. Então, tem a realidade, que são os objetos e os fatos, né? E tem o sujeito que constrói essas explicações, que não é **um cientista** que constrói as explicações... Antigamente eles achavam que o átomo era uma partícula indivisível, hoje eles já sabem que não é mais.

901. A19: O átomo era o quê?

902. PP: Uma partícula indivisível, que era a menor partícula, que não existia nada menor do que o átomo.

903. A4: E o que tem, o que existe?

904. A6: Existem os quarks.

905. PP: Hoje a gente sabe que o átomo... Antes, átomo, a palavra, significa não divisível: **átomo**.

906. A14: Então tem que mudar o nome dele.

907. PP: É, teria que mudar o nome dele, mas pra não mudar eles acabaram “inventando” [PP faz sinal de aspas com as mãos] outras palavras para dizer o que tem a mais nesse átomo.

908. A6: Aí constituem por elétrons e esses elétrons são divididos em outras subpartículas.

909. PP: Exatamente, a gente tem os prótons, os nêutrons, têm os elétrons e esses elétrons ainda podem ser divididos em outras partículas, como os quarks.

Com os discursos problematizadores de PP, buscou-se criar sentidos próximos que concernem à natureza da Ciência, ampliando possíveis visões simplistas sobre a mesma, e apresentar aos estudantes aspectos não prontamente percebidos ao se ler um texto ou uma imagem representativa de partícula submicroscópica. No caso do episódio:

- o emprego compartilhado da linguagem Química que envolve os níveis: macroscópico, submicroscópico e representacional, com base nas discussões realizadas por Johnstone (1982) e Mortimer, Machado e Romanelli (2000), como representa a fala de PP: *“o macroscópico, que a gente consegue ver; o submicroscópico, que está pra baixo do macroscópico, que a gente não consegue ver nem com o microscópio; e com o representacional que permite o diálogo em diferentes partes do mundo sobre as mesmas coisas”* (turno 889);

- as discussões sobre a relação entre fatos e modelos: *“o fato está relacionado com a realidade. Você respirar... você percebe que respira. Isso é um fato. É um fato! É a realidade. Acontece. Vocês percebem. Isso a gente chama de fato ou realidade. Então, para explicar essa respiração, a química, a biologia, usa do modelo teórico que é uma explicação sobre como acontece a respiração”* (turno 891);

- ao compartilhamento de discursos específicos que circulam na escola, oriundos de certo consenso entre membros de uma comunidade científica, ou seja, o professor não fala sozinho, usa um discurso compartilhado, busca promover legitimidade à sua fala, a exemplo do uso das expressões: *“a gente”* (turnos 891, 895, 905, 909); *“hoje eles já sabem...”*; e *“a ciência utiliza de modelos”* (turno 900);

- a visão histórica na produção e validação do conhecimento científico, como a incorporação de novas palavras e explicações aos modelos atômicos: *“Antigamente eles achavam que o átomo era uma partícula indivisível, hoje eles já sabem que não é mais”* (turno 900); e *“Hoje a gente sabe que o átomo...”* (turno 905);

- a Ciência como produção social: *“tem o sujeito que constrói essas explicações, que não é um cientista que constrói as explicações...”*, *“hoje eles já sabem que não é mais”* (turno 900) e a imagem presente no slide;

- o discurso para a incorporação de um discurso específico, próprio das aulas de Química, de um novo modo de ver, pensar e agir sobre a realidade por meio do discurso argumentativo e coercitivo do professor e a inserção e regulação de palavras e significados específicos: *“vocês*

*aqui nas aulas de química, vocês têm que acreditar que existem essas moléculas, que ((no dia a dia)) consomem, [se corrige] se alimentam dessas substâncias. Se vocês não acreditarem, não vai fazer sentido. Vocês acreditam que se alimentam de substâncias? Moléculas?”* (turno 883); *“Então, nós acreditamos em algumas coisas... A Ciência explica que essas algumas coisas são as substâncias, são moléculas.”* (turno 889).

- os limites de uma representação e a visão não realista das representações: *“sumicroscópico, que está pra baixo do macroscópico, que a gente não consegue ver nem com o microscópio”* (turno 889); *“Então, claro, nós não nos alimentamos dessa coisa coloridinha e bonitinha que está aí, né, porque essa é uma representação”* (turno 889).

Assim, enquanto se busca propiciar ao estudante novos modos de pensar, ver e agir (FLECK, 2010), o PP busca regular os sentidos dos estudantes, a não transparência do discurso científico, ao discutir questões sobre a natureza da Ciência. A visão de Ciência de PP, no episódio, reporta para o realismo crítico e a dialética na produção do conhecimento científico, bem como à perspectiva da produção social do conhecimento, em coerência com os pressupostos epistemológicos defendidos nesta pesquisa. Essa visão, às vezes, torna-se mais explícita e outras vezes implícita aos discursos e às representações empregadas em sala de aula.

Corroborar-se que as discussões desenvolvidas em aulas de Química também pode superar concepções de Ciência que permeiam a sociedade, a exemplo do que destaca Chalmers (1993, p. 24):

Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente.

As afirmações exemplificadas são limitadas e podem deturpar modos sobre como os sujeitos podem vir a analisar as explicações fundamentadas na Ciência/Química. Ao considerar o exposto, defende-se que a natureza da Ciência seja considerada conteúdo de ensino, coparticipando nas explicações, na avaliação, etc. Afinal, “Os químicos

constroem e refinam modelos não apenas para compreender fenômenos diversos, mas também para guiar seus futuros experimentos” (LABARCA; BEJARANO; EICHLER, 2013, p. 1261). “O pensamento realizado como suporte nas estruturas químicas pode ser considerado uma marca registrada dos químicos” (p.1262), a exemplo dos modelos moleculares que “propiciam valiosas informações acerca dos requisitos geométricos em uma reação química” (p. 1261). “A maioria dos cientistas, senão todos, utiliza a imaginação visual para resolver problemas, de forma a selecionar e organizar as suas informações ou encontrar analogias para pensar.”

É improvável imaginar que os estudantes, ao ler um texto do livro didático, um texto de divulgação científica ou uma imagem representativa de partículas submicroscópicas, tenham compreensões que digam ou expressem sobre como essa Ciência é produzida, seus jogos de poder, interesses políticos, suas contradições, sua história, as relações entre conceitos químicos, os modelos explicativos e os fatos, a influência da sociedade na produção de Ciência e Tecnologia, etc.

O PP, no seu discurso, possui pressupostos epistemológicos que estão em negociação e conflito com as concepções dos estudantes. Provavelmente, vários dos aspectos destacados podem não ser percebidos pelos estudantes, pois não parecem relevantes, etc. Cabe enfatizar que os aspectos expostos não são transparentes ou imediatamente compreensíveis em uma primeira explicação desenvolvida pelo professor.

Nas aulas, alguns estudantes parecem demonstrar uma boa compreensão sobre as visões da Ciência, o que remete para os indícios da elaboração conceitual. Estudantes expressam compreensão sobre a evolução dos modelos explicativos da área e a mudança do significado da palavra átomo, como: “*Então tem que mudar o nome dele*” (A14, turno 906). Outro estudante faz associações com discursos atuais sobre Ciência ao afirmar que “*Existem os quarks*” (A6, turno 904) junto às discussões sobre a constituição de subpartículas do átomo (avanzando na compreensão do átomo como partícula indivisível). A apropriação da palavra quarks pode estar vinculada ao acelerador de partículas que está em destaque na mídia, em livros e em revistas de divulgação científica. Ainda que de forma objetiva, PP usa a *autoridade pedagógica* para inserir *uma caricatura* sobre os aspectos históricos do conhecimento produzido na Ciência, sem deter-se no aprofundamento de aspectos que regem o campo da história da Ciência (SANGIOGO, et al. 2013, p. 43).

Os questionamentos dos estudantes indicam que há interesse nas problematizações de PP, pois eles buscam melhor entender as

explicações, e pode-se dizer que, de modo geral, aceitam os modelos explicativos usados pelo PP, o uso da linguagem química (mesmo que alguns tenham dito não acreditar em átomo, logo no início do episódio)<sup>28</sup>.

O professor utiliza-se da persuasão, da argumentação e busca ressaltar a importância do discurso químico na resolução de problemas enfrentados, na fala, na escrita e nas representações. A fala no turno 883 inicia com um discurso de autoridade: “*vocês aqui nas aulas de química, vocês têm que acreditar que existem essas moléculas*”, o PP percebeu o ocorrido e tentou minimizar a autoridade ao introduzir o questionamento: “*Vocês acreditam que se alimentam de substâncias? Moléculas?*” (turno 883). Na sequência, o PP, destaca o papel da Ciência ao se admitir as explicações em nível submicroscópico: “*Então, nós acreditamos em algumas coisas... A Ciência explica que essas algumas coisas são as substâncias, são moléculas.*” (turno 889); trabalha aspectos relacionados com a natureza da Ciência (como a problemática do realismo ingênuo); e envolve o estudo de situações vivenciais, relações típicas às estabelecidas no contexto escolar, como sobre a temática em estudo.

Segundo Mortimer (2000, p. 28), ao analisar os processos de elaboração conceitual dos estudantes, “só quem tomasse a via do atomismo poderia ‘ver’ átomos por toda a parte”: “Aprender ciências, portanto, envolve ser iniciado nas idéias e práticas da comunidade científica e tornar essas idéias e práticas significativas para si próprio” (p. 316). Isso remete para a necessidade de apropriar-se da linguagem que se compartilha nas explicações químicas, como aquelas usadas nas aulas de Química. O PP busca o convencimento sobre a importância do papel dessa Ciência para situações que extrapolam o que se estuda na escola, desenvolvendo explicações com base no conhecimento químico para a compreensão do Ar que eles respiram, o que inclui tomar como base o discurso em nível submicroscópico.

A imagem do *slide*, com “*o homem quase morrendo*” (turno 898, PP), não deixa de ser uma estratégia para chamar a atenção dos estudantes, motivá-los para entender a importância da Química nas explicações de situações vivenciais e compreender aspectos da natureza da Ciência. Conhecer sobre a ciência, o conhecimento científico e suas representações é fundamental para qualquer cidadão, pois possibilita

---

<sup>28</sup> As expressões faciais dos estudantes reforçam essa afirmação. Percebeu-se também um tom irônico na fala de estudantes que diziam não acreditar na teoria atômico-molecular para a explicação da matéria.



melhores leituras do mundo referente à natureza e à produção de conhecimentos científicos que circulam nas tecnologias de informação e comunicação.

Cabe registrar que não se é ingênuo de imaginar que um episódio ou uma aula sobre aspectos epistemológicos seja suficiente para compreender a não transparência dos discursos e imagens que permeiam as explicações científicas que envolvem as representações de partículas submicroscópicas. As explicações expressas no episódio são introdutórias e buscam criar (problematizar ou reforçar) discussões sobre a Ciência e a especificidade da linguagem química. Nas aulas, outras reflexões conduzidas por PP buscavam contemplar e avançar nas reflexões aqui apresentadas.

Outro episódio, a título de exemplificação e complemento às discussões já desenvolvidas, refere-se à turma do 2º ano, aula 4 (uma aula antes do episódio recém apresentado e discutido). O contexto do episódio teve origem após a atividade das caixas desenvolvida com os alunos<sup>29</sup>, seguido de explicações sobre o papel do cientista e dos modelos. Após a atividade, fizeram-se associações com modelos explicativos que permitem compreensões sobre porções de Ar, sua composição, formas de representação, dentre as quais, a representação da molécula e o vapor d'água (H<sub>2</sub>O) e suas relações entre aspectos macroscópicos e submicroscópicos.

**Episódio 02: ciência como produção histórica e social. Relações entre fatos, modelos e representações**

641. PP: A gente fala em umidade do Ar, né, o que é? É a água que está ali presente.

642. A6: No estado gasoso?

643. PP: Estado gasoso ou de vapor?

644. A6: Qual a diferença?

645. PP: Porque assim, quando a gente vê, por exemplo, a água fervendo, e fica aquela fumacinha lá que sai da água. A gente não vê as moléculas de água, o que que a gente vê? A gente vê várias, inúmeras moléculas que estão em interação, por isso que a gente consegue visualizar ela, é água aquilo lá, mas não é uma molécula de água. A gente vê várias moléculas que estão em interação, porque a água tem [...] ligações de hidrogênio, não sei se vocês já

---

<sup>29</sup> Na atividade, caixas brancas de diferentes tamanhos contendo objetos em seu interior foram distribuídas a grupos de estudantes. Solicitou-se que os mesmos dissessem o que havia dentro e que criassem hipóteses, expressando argumentos que convencessem o professor e os colegas. A atividade visa uma analogia com o trabalho dos cientistas.

estudaram. Que o hidrogênio [da molécula de água] acaba interagindo de alguma forma com o oxigênio. Então, é assim que acontece, são varias moléculas da água que acabam interagindo e formando uma estrutura grande e nós conseguimos, então, visualizar, né, [enquanto PP explica, representa as ligações de hidrogênio] que é água, aquele vapor que nós enxergamos. Quando a gente vê aquele vapor que sai depois de uma chuva, ou quando tá fervendo alguma coisa, não são as moléculas de água, e mesmo que nós colocarmos no microscópio, de forma alguma nós vamos conseguir ver esses átomos e essas moléculas. Isso é uma teoria, é um modelo teórico que foi construído com base no que está aqui, em experimentos, em convenções de cientistas que dizem que o que está presente no ar atmosférico são essas substâncias aqui. Ninguém conseguiu colocar no microscópio e visualizar essas substâncias... Hoje em dia se tem equipamentos que já se consegue identificar...

646. A6: Haja microscópio para ver isso aí, né?

647. PP: É, porque é muito pequeno o tamanho... O tamanho de uma molécula é mais ou menos  $10^{-9}$  metros, então, é muito pequeno. Quanto que é  $10^{-9}$  metros?

648. A6: 0,00000....

649. PP: Isso 0,00000... metros, quer dizer, é muito pequeno, não há microscópio que consegue perceber e ver esses átomos. Até consegue ver alguma coisa com base nos modelos teóricos que são construídos, em microscópios muito potentes que conseguem capturar informações daquelas moléculas aqui. Então, eles conseguem capturar, por exemplo, a energia que está presente entre essas ligações [...]

651. PP: [...] Então, tu consegue perceber, por experimentos e alguns microscópicos, essas propriedades das substâncias. Nunca um modelo teórico, um modelo explicativo vai ser a realidade. Ele tenta se aproximar sempre do que é a realidade [...]. Não é sempre que se pensou na forma de átomos e moléculas. Antes se pensava nas quatro propriedades... nos quatro elementos que eles chamavam Terra, Água, Fogo e Ar. Eles tentavam explicar tudo por esses quatro elementos. Não existia essa teoria ((do modelo atômico)).

652. A6: Professor, agora também tem investigações de uma subpartícula do átomo que é o quartzo, uma coisa assim. [...]

655. PP: Os quarks? Os mésons?

656. A6: Não sei. Eu sei que são subpartículas, que é tipo..., que formam o átomo, sabe?

657. PP: Quando eles falavam em átomo, a palavra átomo significa sem possibilidade de divisão, é não divisível: átomo.

658. A6: Não divisível.

659. PP: ... mas com o tempo eles descobriram que os átomos eram constituídos de elétrons, de prótons e nêutrons, e hoje ainda eles estão descobrindo outras partículas que constituem esses..., que são subpartículas ainda. Então, não é de hoje essas teorias, são teorias construídas ao longo do tempo por inúmeros cientistas que foram lá pesquisar e pode ser que amanhã seja diferente [...]. Bem, então o Ar poluído é constituído do quê? [...]  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$  que são partículas submicroscópicas, que a gente chama. Por que

submicroscópicas? Porque elas são tão pequenas que nem o microscópio consegue ver, então sub é pra baixo, é mais pequeno que os microscópios conseguem ver, são partículas submicroscópicas. Claro que num Ar poluído, numa solução gasosa, estão presentes também as partículas macroscópicas que são perceptíveis, que são essas que a gente consegue ver, como a poeira, a água mesmo, quando sai, quando evapora.

660. A6: Não existe nenhuma foto de um átomo, comprovado?

661. PP: O que tem são algumas imagens construídas [...]e com base, então, num computador, que tem essa teoria descrita no computador, que se consegue criar uma representação, mas não é uma fotografia. É diferente! É diferente eu tirar uma fotografia de vocês e eu tirar uma fotografia... de eu ter uma fotografia construída de uma máquina, de um computador que, então, vai construir aquela representação. [...].

664. PP: Do que são constituídas as partículas submicroscópicas?

665. A6: Desses mesmos elementos.

666. PP: De elementos. As partículas submicroscópicas são constituídas de substâncias, de moléculas.

667. A6: E essas moléculas são constituídas de átomos.

668. PP: E essas moléculas são constituídas de átomos. Os átomos são constituídos de elétrons, prótons e nêutrons e assim vai.

669. A6: ...até aonde...

670. PP: Até aonde vai chegar a gente não sabe, mas...

671. A6: Antigamente a teoria era de que esses elétrons fossem apenas cargas, tipo carga positiva, negativa e neutra.

672. PP: Existiam várias teorias que foram evoluindo, como a de Dalton que achava que era uma partícula indivisível. Depois eles achavam que se tinham partículas negativas também, como tu falaste, e que entre as negativas tinham as positivas [...].

Nas aulas, PP buscava discussões sobre: distinções e relações entre representações e realidade (entre representações de moléculas, fotografias e imagens obtidas em microscópios); o conceito unificador das escalas (diferença entre macro, micro e submicroscópico); relações entre o fenomenológico, o teórico e o simbólico (no vapor d'água); a produção social e histórica do conhecimento científico. As discussões se relacionam com o problema da não transparência de discursos e de imagens empregadas em aulas de Química.

O diálogo de PP e A6 conserva aberto o corpo explicativo, coerente com a perspectiva da recorrência histórica, do conhecimento como processo de aproximações de melhores explicações sobre a realidade (BACHELARD, 1996). No turno 646, A6 expressa uma compreensão que condiz com as explicações de PP: "*Haja microscópio para ver isso aí, né?*", parecendo entender os limites dos microscópicos. No entanto, na sequência, A6, em tom de espanto, aponta uma

compreensão contrária: “*Não existe nenhuma foto de um átomo, comprovado?*” (turno 660), o que denota a fragilidade com que as explicações são apreendidas, em vista da percepção de que as representações dos átomos em aulas e livros didáticos não correspondem diretamente à realidade, o que demanda processos permanentes de vigilância aos sentidos expressos em aula, nas avaliações, etc. sobre o realismo ingênuo ou a compreensão de que existe uma imagem ideal, comprovada e única. No episódio, instigado por A6, PP busca avançar nas explicações sobre a produção social e histórica do modelo atômico, incorporando aspectos recentes sobre descobertas/invenções científicas, como os quarks, que permitem novas percepções ao modo de explicar a matéria, ao modelo atômico.

PP busca relações entre o fenomenológico (vapor d’água), o teórico (as propriedades da água, as ligação de hidrogênio) e o simbólico (representação da água e das ligações de hidrogênio) nas explicações. Segundo Giordan (2008), para o estudante se apropriar do pensamento químico, torna-se importante o trabalho com a resolução de problemas, com “situações que lhes permitam correlacionar o fenômeno em sua dimensão macroscópica com as dimensões submicroscópica e simbólica” (p. 180). Segundo o autor, estudos relacionados ao entendimento conceitual de estudantes do ensino médio e superior têm “interpretado que os estudantes parecem dominar as construções simbólicas da Química tratando equações químicas como entes matemáticos, ao invés de utilizá-las como representações de processos dinâmicos e interativos” (GIORDAN, 2008, p. 180). Isso pode decorrer da falta de problematização sobre os limites e as potencialidades das representações, esquecendo-se de pensar e discutir as interações em nível submicroscópico, ficando-se preso ao conceito isolado ou à resolução de exercícios que não instigam o pensar químico em situações de vivência dos estudantes, à falta de relação com o fenomenológico. “A ausência dos fenômenos em sala de aula pode fazer com que os alunos tomem por ‘reais’ as fórmulas das substâncias, as equações químicas e os modelos para a matéria” (MACHADO; MORTIMER, 2007, p. 30).

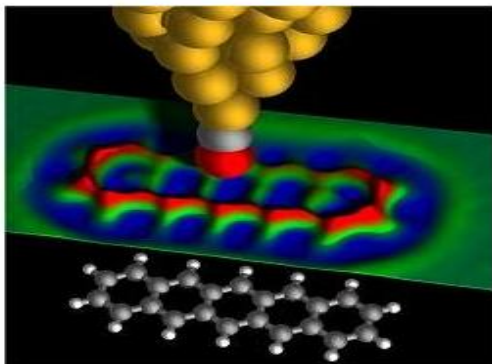
Também cabe destacar que o episódio é demarcado por relações entre diversos conceitos: elemento, átomo, molécula, substância, partícula, submicroscópico. Por vezes, no episódio, parece haver margem/risco a certa confusão conceitual, a problemas associados aos seus atributos conceituais: “*Bem, então o Ar poluído é constituído do quê? [...] O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> que são partículas submicroscópicas*” (turno 659), que as partículas submicroscópicas são constituídas “*De elementos. As partículas submicroscópicas são constituídas de*

*substâncias, de moléculas.*” (turno 666). Apesar de esses conceitos retornarem com maiores explicações, em outros momentos, as falas do PP e de A6 reportam para a não linearidade dos processos de ensino e de elaboração do conhecimento escolar, às limitações de entendimento, de abordagens e de explicações. Pode-se destacar, também, o turno 671, em que A6 expressa uma compreensão não explorada por PP (“*Antigamente a teoria era de que esses elétrons fossem apenas cargas, tipo carga positiva, negativa e neutra*”), pois ainda hoje essa teoria é utilizada. Esses são exemplos de percepções que sem a transcrição literal das falas dificilmente seriam apreendidas e problematizadas pelo PP.

Nas aulas, assim como no Episódio 02, em outros momentos se buscava enfatizar distinções entre diferentes tipos de imagens, como as fotografias e as construídas com base em equipamentos usados na contemporaneidade (microscópios eletrônicos). Nesse sentido, segue o Episódio 03, turma do 1º ano do ensino médio, aula 2:

### **Episódio 03: as imagens de microscópio eletrônico na Ciência**

272. PP: Hoje em dia tem os grandes microscópios de tunelamento que conseguem, de alguma forma, ”visualizar” [faz gesto de aspas para visualizar] as moléculas, mas o que é essa visualização? Eles não conseguem ver as moléculas..., eles têm todo um campo conceitual construído que faz com que aquele aparelho que foi construído pelo homem, consiga fazer essa imagem aqui [referindo-se à imagem de microscópio eletrônico:



O microscópio eletrônico cria uma espécie de "mapa topográfico" da molécula. A visualização direta, por meios ópticos, é impraticável porque a molécula é muito menor do que o comprimento de onda da luz visível. [Imagem: IBM Research - Zurich]

<sup>30</sup>]. É diferente de uma fotografia que eu tiro, por exemplo, dessa turma. Porque lá é o computador que vai construir essa imagem com base nos conhecimentos que tem até então.

Assim como as representações presentes em aulas e livros didáticos, as imagens criadas com o uso de equipamentos eletrônicos, que visam a modelização de moléculas, podem evocar sentidos que direcionam o pensamento para uma associação direta entre a representação e a realidade, portanto, reforçando, assim, o realismo ingênuo. A imagem não é transparente para um sujeito que não possui conhecimentos sobre conceitos químicos e o microscópio eletrônico.

Embora o microscópio eletrônico de força atômica (referenciado na imagem do episódio), com o auxílio de um instrumento tecnológico, crie uma imagem com base na materialidade de algo, em um objeto que se quer melhor conhecer (uma molécula, no caso o pentaceno, uma molécula orgânica que possui 22 átomos de carbono e 14 átomos de hidrogênio e mede 1,4 nanômetro de comprimento), a mesma é interpretada por sujeitos que possuem conhecimentos químicos. A

<sup>30</sup> O texto base para a discussão originou-se da leitura do artigo intitulado "Molécula individual é 'fotografada' pela primeira vez", da redação do site Inovação Tecnológica, de 28/08/2009, disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=molecula-individual-fotografada&id=010165090828>>, acesso em 20/07/2011.

interação do microscópio com a molécula em análise detecta e gera sinais elétricos que são armazenados e processados por um computador e convertidos em imagens (estas sim, representativas da densidade eletrônica que se assemelha à representação das moléculas envolvidas na reação). O programa "constrói" a imagem com base num modelo teórico, a partir de modelos matemáticos, e não decorre da relação direta com a realidade, do empirismo puro, ou de uma fotografia ou micrografia. Imagem, como a apresentada e discutida em aula, conforme indicado no episódio, permeia tecnologias de informação e comunicação, e as aulas de Químicas podem contribuir com explicações.

Na era da comunicação de massa e da televisão não seria exagero dizer que conhecemos mais o mundo pelas imagens do que com nossos próprios olhos. Essa sensação de conhecimento só é possível se "acreditarmos" nas imagens, ou seja, se supusermos, ainda que inconscientemente, que o que vemos por meio delas é real. No entanto, este "por meio" é muitas vezes suprimido, apagado, e a imagem aparece como transparência. Ressalto a importância do papel do ensino, ao trabalhar contra essa transparência e as especificidades da não-transparência do conhecimento científico. Se quisermos trabalhar o sentido da construção do conhecimento científico na sua relação com o conhecimento comum (BACHELARD, 1996), uma possibilidade é esta: a de trabalhar a leitura de imagens como construções sobre a realidade, construções de seus próprios referentes, seus próprios objetos, entre eles, os objetos-modelo (BUNGE, 1974) construídos pelo conhecimento científico. (SILVA, 2006, p. 82)

É importante conhecer a produção das imagens, sua relação com a realidade, bem como trabalhar a leitura delas. Discussões como as apresentadas foram inseridas, ainda que de forma mais simplificada. Compreender as relações entre fatos e modelos, imagens e realidade, permitem superar percepções de estudantes de que as representações de partículas submicroscópicas são meras ampliações do átomo (como uma micrografia obtida por um microscópio ótico). Ao considerar o exposto, compreende-se que as palavras "modelo" e "representação" são importantes de serem usadas e significadas em aulas de CNT, visto que

são historicamente produzidas, validadas e aceitas na comunidade científica. Todavia, reitera-se que tais compreensões não são transparentes, pois carregam elementos sociais, culturais e historicamente difundidos em uma esfera específica de produção: do conhecimento químico/científico que, na escola, é recontextualizado em conhecimento químico escolar.

### **6.1.2 A percepção da não transparência em situações do ensino de Química**

Diversos fenômenos da vivência são explicados pelo entendimento sobre a temática “Ar Atmosférico: o Ar que respiramos”, como algumas doenças respiratórias, a fumaça, *smogs*, umidade do Ar e maresia. A Ciência contribui com explicações, que apontam para sua compreensão, uma complexa rede de conceitos que estão em inter-relação, a exemplo do átomo, das moléculas, da ligação química, das propriedades físicas e químicas, dos sistemas abertos e fechados, das transformações químicas, da concentração, entre outros. Tais conceitos e/ou postulados explicativos, que configuram os modelos teóricos pertencentes ao discurso específico da Química, não podem ser expressos em uma única imagem ou representação pictórica, ou seja, não existe uma única representação que dê conta da totalidade das possíveis explicações e conceitos envolvidos em uma porção de Ar que esteja em análise. Há a necessidade de uma variedade de representações e/ou explicações para uma compreensão mais abrangente sobre a temática.

Nas aulas, os estudantes elaboraram representações de uma porção de Ar poluído e não poluído, as quais foram problematizadas pelo professor, que buscou, com isso, avançar nas percepções, nas explicações e modo de representação dos estudantes, considerando aspectos químicos que superam a mera representação de aspectos macroscópicos. Nas primeiras aulas, PP já introduzia discussões sobre os componentes que constituem um Ar poluído e não poluído, a concentração de algumas substâncias, as possibilidades de alteração na composição química, a influência de transformações químicas na composição química de diferentes porções de Ar em análise e a inserção de simbologias e diferentes formas de representação para porções de Ar.

O episódio que segue é representativo (e um recorte) das discussões desenvolvidas na turma do 1º ano (aula 03) sobre explicações e interpretação de aspectos químicos representados nas porções de Ar



não poluído e Ar poluído elaboradas pelo professor, mas que buscam problematizar e avançar nos modos de representação dos estudantes:

**Episódio 04: percepção sobre a não transparência de representações de partículas submicroscópicas de porções de Ar**



426. PP: [...] Então, o que é? Eu fiz uma legenda. Então, vocês poderiam ter feito, por exemplo, flechinhas dizendo: olha, isso aqui representa o nitrogênio. Então, essa bolinha verde... Ó gente, só um pouquinho [chama a atenção dos alunos]. A partícula verde, ela representa o [gás] nitrogênio. [...]

429. PP: A gente vê que existe muito mais nitrogênio no Ar, do que as outras partículas. Então, aproximadamente, 78%. Tem oxigênio, que é essa bolinha azul [gás oxigênio], que também existe em grande quantidade comparado com as demais. Tem a água, que é essa bolinha mais escura que também existe em certa grande quantidade. [...]

431. PP: Tem gás carbônico que é bem menos na constituição, mas também existe. Eu coloquei o monóxido de carbono, o argônio e o material particulado no Ar puro. [PP bate palmas, chamando a atenção por causa das conversas de estudantes] Vocês entenderam?

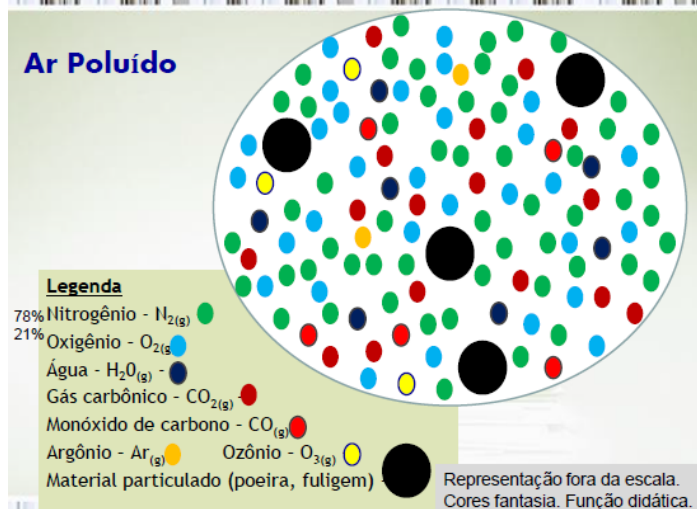
432. A3: Fácil! **Claro que sim!** O azul é o oxigênio. Tá, mas tem mais nitrogênio do que oxigênio?

433. PP: Isso, porque o nitrogênio constitui 78% do Ar, então existe muito mais nitrogênio do que as outras.

434. A3: Tanto é, então, que a gente, tecnicamente, não respira mais oxigênio, a gente respira mais nitrogênio.

435. PP: Mais nitrogênio. Isso aí, exatamente. Nitrogênio e outras coisas que aí estão [fala PP apontando para representações de substâncias como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$  e material particulado]. Só que o nitrogênio ele não é reativo, ele não faz mal. [...]

446. PP: E o Ar poluído, claro, tem muito mais dessas partículas, né [PP indica para o  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ]. [muda slide]



Como essas aqui, ó. Existe muito mais essas partículas de sujeira [indica para o “Material particulado”] do que um Ar que não é poluído. Então, essa é uma forma de representar [fala PP, em coerência com a representação apresentada e pensando em problematizar a forma como os alunos haviam “desenhado” na primeira aula], uma forma um pouquinho mais química, né?, a constituição do Ar. Vocês têm alguma pergunta relacionada a isso? [...]

450. A3: Eu tenho uma pergunta assim, ó, o que é o monóxido de carbono?

451. PP: Monóxido de carbono é outra partícula que é liberada na queima de combustível. Quando a combustão não é completa, então, acaba liberando o monóxido de carbono e também fuligem, né, que é carbono, porque não tem oxigênio suficiente, então, ele não forma o  $\text{CO}_2$ .

452. A3: E o argônio?

453. PP: Argônio é um gás nobre que está presente no Ar.

454. P1: **Jesus**, tá pedindo o que é argônio [se espanta a professora].

A percepção sobre a não transparência das imagens suscita atitudes do PP, seja no modo de ensino seja no modo de interpretar o aprendido dos estudantes, na busca de explicações vinculadas às imagens. Percebe-se que a relação entre signo e significado não é transparente no turno 432, em que A3 diz ser “Fácil” e “Claro” que

havia entendido, sendo incoerente com os questionamentos posteriores e a afirmação em tom de dúvida: “*O azul é o oxigênio. Tá, mas tem mais nitrogênio do que oxigênio?*”. A não transparência também é perceptível na fala dos demais estudantes, nas dificuldades de interpretação de representações de partículas referentes às porções de Ar em discussão, a exemplo: “*o que é o monóxido de carbono?*” (A3, turno 450), ou então, “*E o Argônio?*” (A5, turno 452), o que indica a necessidade de atribuir mais significado às palavras usadas nas explicações químicas. O professor (PP) partia da proposição de que os estudantes possuíam conhecimentos básicos para interpretar e relacionar os signos expressos nas porções de Ar, pois tinha a hipótese de que as palavras (monóxido de carbono, argônio, etc.) foram estudadas em anos anteriores, além de terem sido abordadas nas primeiras aulas. Nas aulas e no episódio em questão, o significado de simbologias representadas nas palavras monóxido de carbono e argônio ou a compreensão de que se inspira mais gás nitrogênio do que gás oxigênio parece evidente para PP (sujeito já inserido no EP da Química), mas não para os estudantes. O professor regente (P1) também estranhou o questionamento dos estudantes, pois se supõe que ele também imaginava que certas palavras, como “monóxido de carbono” e “argônio”, tinham um significado consolidado devido sua recorrência, por exemplo, em aulas de Ciências e Química.

As representações possuem, implícita ou explicitamente, uma elevada carga cognitiva (aquelas de difícil leitura pelo estudante) de conceitos nas porções de Ar, que podem “dificultar a organização e processamento das informações na memória operacional do leitor e prejudicar o processo de aprendizagem” (COUTINHO et al., 2010, p. 2, com base em diversos autores), como: o significado e a propriedade de distintos gases; a diferença entre substâncias simples e compostas; os conceitos de mistura, concentração, energia cinética, ligação química, interações intermoleculares.

Um aspecto importante, e pouco explorado nas aulas, refere-se à idealização das porções de Ar representadas e apresentadas aos estudantes: “*o nitrogênio constitui 78% do Ar, então existe muito mais nitrogênio do que as outras*” (turno 433). As representações baseiam-se em um modelo teórico, como é próprio ao conhecimento científico, portanto, os signos não são transparentes ao discurso dos estudantes. Entretanto, apesar de apresentar porções idealizadas de Ar, no Episódio, sabe-se que, por exemplo, há dias/locais em que a porcentagem relativa de gás nitrogênio de certo Ar seria inteiramente diferente devido a alta umidade do Ar. Outra reflexão: o “oxigênio” não “é” “essa bolinha

*azul*” (turno 429), nem a água “*é essa bolinha mais escura*” (turno 429), mas é representado, na imagem, por “*essa bolinha*”. A relação direta entre representação e realidade, que associa a bolinha como sendo o gás oxigênio ou a água, reporta para uma visão realista ingênua sobre as representações apresentadas nas aulas.

Nas explicações, também cabe destacar o lapso de PP ao usar (em algumas falas e nas representações das porções de Ar poluído e não poluído) às palavras “*oxigênio*” para o gás oxigênio e “*nitrogênio*” para o gás nitrogênio e, portanto, isso pode gerar uma incompreensão conceitual, ainda que em outros momentos houvesse denominação adequada e a distinção entre elemento químico (um átomo) e uma substância composta. Essas discussões reportam para a complexidade do ato pedagógico do processo educativo em análise, da transcrição literal das falas, que não exclui palavras ou expressões que “escapam” durante a busca de relações conceituais e explicações que buscam abranger aspectos pedagógicos e epistemológicos que orientam a prática do professor/pesquisador.

Sobre a parcialidade das representações, dependendo da propriedade submicroscópica que se pretende destacar numa imagem pictórica, a exemplo da composição elementar, distâncias de ligação química, etc., emprega-se formas de representação consideradas mais adequadas aos princípios de modelos oriundos do conhecimento científico (GIORDAN, 2008). Ao mesmo tempo, é importante prestar atenção aos “elementos iconográficos que se associam à posição das partículas (esferas), ligações entre elas (traços), volume (composição de esferas), distribuição de cargas (pontilhados)” (GIORDAN, 2008, pp. 131-132), o que denota a essencialidade de se discutir sobre nexos conceituais das representações (parciais) sobre o modelo explicativo que abrange as porções de Ar poluído e não poluído. Defende-se que tais discussões potencializam a realização da “leitura da imagem” (SILVA et al., 2006) e a significação do conhecimento químico que está representado, objeto de análise das próximas categorias.

Nas aulas ministradas, houve a preocupação com a qualidade da apropriação do representado nas imagens, tendo em vista a dificuldade de sua interpretação sob a ótica das aulas de Química. No entanto, percebe-se que as mesmas não são sempre, a todo o momento, explicadas pedagogicamente por PP, a exemplo do que representa cada uma das “bolinhas”, ou melhor, as estruturas que representam átomos, moléculas, ligações químicas, forças intermoleculares. Algumas vezes, parecem ser entendidas como transparentes, como se expressassem uma única direção, desconsiderando-se a possibilidade da produção de

diferentes sentidos e significados sobre as mesmas aos estudantes. Após a análise das aulas, tem-se a convicção de que isso pode ter prejudicado seu aprendizado sobre a temática em estudo, como as relações entre a porcentagem de cada substância presente no Ar e a quantidade de átomos e moléculas a ser representada em uma porção de Ar, o que evidencia dificuldades com o conceito de concentração.

Como os estudantes estão iniciando a produção de significados sobre as representações usadas na Química, o professor tem a função de problematizar situações e direcionar a interpretação para aspectos químicos relacionados às imagens. A construção de modelos explicativos, com base no submicroscópico, remete para um novo modo de “ver” determinados fatos e fenômenos cotidianos. A análise aponta para o fato de que os estudantes precisam de tempo para assimilar o representado (VIGOTSKI, 2001). Muitas vezes, nas aulas, algumas representações eram apresentadas rapidamente, sem discussão, e os estudantes pareciam não se atentar para compreendê-las. Apesar da consciência (de PP) da não transparência das imagens, as interlocuções, por vezes, eram aligeiradas pela preocupação com o tempo escolar em que, devido a imprevistos, havia sido reduzido quanto ao número de horas/aula disponíveis para a execução dos módulos de ensino. Isso restringiu o tempo para reflexões em detrimento do compromisso de PP em contemplar a complexidade (com aspectos locais e globais) sobre a temática em estudo.

A análise do Questionário III<sup>31</sup>, por PP, permite constatar que estudantes tiveram dificuldade em interpretar uma questão da avaliação que envolvia a equação química de oxidação do ferro metálico, pois apresentavam equívocos sobre as transformações químicas entre reagentes e produtos da reação química. Assim, retomou-se o conceito

---

<sup>31</sup> O Questionário III foi aplicado às turmas do 1º e 2º anos do ensino médio. Segue a questão que remete para a dificuldade na interpretação de uma equação química:

“1- Marque Verdadeiro (V) ou Falso (F) nas afirmações que seguem. **Justifique as afirmações falsas:**

J) ( ) A equação química de ferrugem ou oxidação do ferro pode ser representada por:  $2\text{Fe}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{FeO}(s)$ . Dois mol ou átomos de Fe e 1 mol ou moléculas de  $\text{O}_2(g)$  deixam de existir e forma-se 2 mol ou moléculas de  $\text{FeO}(s)$ . Ou seja, o gás oxigênio presente no ar não reage com o ferro.”

Ao fazer a correção da questão, na turma do 2º ano, 4 estudantes acertaram, 2 parcialmente, 15 erraram e 1 não respondeu. Na turma do 1º ano, 10 estudantes acertaram parcialmente (não justificando ou com justificativa inadequada) e 15 erraram.

na última aula da turma do 1º ano, e na Reunião 01 com o grupo de estudantes do 2º ano, como segue no Episódio 05 em que houve uma nova percepção, por PP, sobre a não transparência da equação química:

### Episódio 05: a não transparência de equações químicas

189. PP: [...] vou passar isso daqui para vocês. Se a gente olhar essas duas aqui [PP entrega folha (Apêndice VI) para cada aluno durante a entrevista e, neste episódio, foca-se na interpretação da equação química representada pelas seguintes formas:

Como você interpreta a equação química:  $2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Qual a diferença na representação?



]. Primeiro, essa aqui [primeira linha da folha], o que, que vocês entendem quando enxergam uma equação como essa?

190. A16: Que duas moléculas de hidrogênio, mais duas de oxigênio forma...

191. A19: ... água.

192. A6: Não, na real isso aqui parece..., eu entendo como duas partículas, [se corrige e diz:] duas moléculas de água que é aquecida e essas moléculas são separadas, que é as duas de oxigênio... uma de oxigênio e...

193. A16: Não, dá duas... uma de oxigênio e...

194. A6: ... e duas de hidrogênio.

195. A16: Isso.

196. PP: Duas moléculas de oxigênio?

197. A6: Uma de oxigênio e duas de hidrogênio.

198. A19: Uma de oxigênio e duas de hidrogênio.

199. PP: Na verdade, não é aquecida. Essa flecha só indica transformação...

200. A6: A transformação, né.

201. PP: ... que essa transformação acontece pela eletrólise da água, né, então, não é aquecimento, se fosse aquecimento teria um símbolo de aquecimento aqui, mas no caso da água não é pelo aquecimento que consegue fazer essa transformação.

202. A16: Na verdade, aqui seria quatro hidrogênios e dois oxigênios, se fosse pra fazer a...

203. PP: Quatro hidrogênios o que? [breve pausa] Seriam quatro átomos?

204. A16: Quatro átomos de hidrogênio e dois átomos de oxigênio.

205. A6: Essa aqui é uma equação de oxidação, né?

206. PP: ...é de separação, é de...

207. A6: Não, mas, ó, é de oxidação, tipo passa e... se não me engano.

As equações químicas possuem informações que estudantes têm dificuldade de interpretar, como fica evidente na leitura do episódio em que eles, inicialmente, confundem-se e fazem leituras equivocadas sobre a equação. A equação não fala por si, há necessidade de mediação e interpretação, estabelecer significados e simbologias específicas. As equações químicas estão presentes em materiais didáticos, desde o ensino fundamental. A turma do 2º ano - apesar de no período regular das aulas estudarem reações de oxidação e redução - ainda tem dificuldade em interpretar simbologias que permeiam explicações desenvolvidas no ano anterior e em aulas anteriores (inclusive no estudo da temática, como também se verificou no Questionário III). Isso remete para a compreensão de que a simples verbalização do professor ou a mera resolução de exercícios que envolvem equações químicas não indicam necessariamente um aprendizado que propicie novas generalizações sobre os conceitos em estudo.

Os estudantes utilizam os símbolos, aceitam explicações, embora não tenham clareza sobre eles, esporadicamente questionam seus significados, o que pode resultar em uma falsa correspondência entre ensino e aprendizado. A equação química, a exemplo da apresentada no episódio, envolve aspectos mais evidentes como: representações de moléculas (gás oxigênio ( $O_2$ ) e gás hidrogênio ( $H_2$ )); símbolo de transformação química ( $\rightarrow$ ); quantidade de matéria (dois mol de água produz um mol de gás oxigênio e dois mol de gás hidrogênio); estados físicos dos compostos envolvidos na reação (g). As equações também têm conceitos mais implícitos, oriundos de um modelo teórico que permite inferir e relacionar outros conceitos, como: as ligações químicas que permeiam compostos moleculares, iônicos e metálicos; as interações intermoleculares; os reagentes e os produtos da reação; a reorganização de átomos, com formação de novas ligações; absorção e liberação de energia e a variação de entalpia, etc.

A equação química, assim como outros modos de representação usados nas aulas de Química, tem uma linguagem específica (não transparente quanto aos significados químicos), os quais precisam ser mediados com os estudantes não inseridos ao estilo de pensamento da Química. Portanto, relações conceituais, que para o professor, às vezes, parecem naturais e evidentes, para os estudantes, ainda não possuem conexão/relação. Nesse sentido, os conhecimentos em (re)construção pelos estudantes não podem deixar de ser considerados pelo professor, via diálogo, questionamentos, avaliação, etc., de modo que se identifiquem lacunas, obstáculos ou deturpações conceituais, propiciando permanentes (re)elaborações conceituais.

O estabelecimento de relações e nexos conceituais demanda a inserção de discursos específicos. PP buscava a introdução e a coerência com o conhecimento químico escolar, o nível submicroscópico, diferente de representações elaboradas por alguns dos estudantes, no primeiro dia de aula, em que se representava nas porções de Ar poluído e Ar não poluído apenas aspectos macroscópicos (do conhecimento cotidiano), a exemplo da representação de árvores, lago, montanhas, indústria, fumaça, lixo, etc.

[...] as narrativas produzidas em sequência de ensino são formadas pela disposição temporal de diversos meios de representação e veiculação das idéias (as ferramentas culturais), cada um com suas singularidades e funções no processo de construção de significados. Se aprender Ciências diz respeito à apropriação dessas ferramentas culturais para resolver problemas ou para dialogar com uma comunidade que interpreta o mundo por meio dessas ferramentas, então a organização das atividades para ensinar Ciências deve levar em conta, além da disposição temporal coerente das atividades, também o entrecruzamento das narrativas produzidas por professor e alunos na sala de aula com narrativas produzidas por agentes externos a ela (GIORDAN, 2008, p. 299).

A partir das representações elaboradas pelos estudantes (e suas explicações) no primeiro dia de aula, PP buscou considerar suas primeiras impressões, seus modos de perceber a temática Ar atmosférico, e avançar em seu modo de representar, apontando limites e inserindo conceitos que ampliassem suas explicações. Apesar de os estudantes, na escola, estarem em processo de instauração de um novo modo de ver e pensar, a apropriação do discurso à luz da Química demanda tempo, negociação, tensão, combinações com palavras e conhecimentos anteriores. O professor é um dos sujeitos que coparticipa da negociação de sentidos atribuídos pelos estudantes e deve estar vigilante na busca de coerência com o discurso da Química, o que não exclui refletir sobre modos de pensar e agir embasados em conhecimentos e experiências oriundos de diferentes grupos sociais dos estudantes. A organização do ensino escolar, do ensino de Química, é complexa busca-se “garantir uma espécie de tradução entre o que é dito no texto escrito e no esquema, na notação das equações e na locução oral.” (GIORDAN, 2008, p. 296).



A leitura (interpretação) de imagens integra-se numa história que é maior do que nós, num processo do qual não somos a origem; uma imagem, ao ser lida, insere-se numa rede de imagens já vistas, já produzidas, que compõem a nossa cotidianidade, a nossa sensação de realidade diante do mundo. A leitura (interpretação) de imagens não depende apenas do contexto imediato da relação entre leitor e imagem: para lê-la o leitor se envolve num processo de leitura (interpretação) que já está iniciado. (SILVA, 2006, p. 77, com base em PÉCHEUX, 1995).

Nas aulas, PP valoriza o uso de representações, sua importância no aprendizado (na elaboração conceitual), enquanto ferramenta do pensamento abstrato, de nível submicroscópico. Nas aulas e na sequência das interlocuções do Episódio 05, por exemplo, A16 reconhece a importância das mesmas: “*E é muito mais fácil no desenho, do que na equação*” (turno 213).

Entretanto, na busca de não acomodar o pensamento à mera facilitação, reitera-se à necessidade de se realizar uma *leitura da imagem* em estudo, em que a interpretação do estudante também é negociada com as interlocuções do professor (que carrega um conhecimento específico que deseja ensinar), desenvolvendo, de alguma forma, uma visão direcionada à imagem, em coerência com os modelos teóricos que a fundamentam.

Ainda associado à necessidade de considerar a não transparência das imagens e ao sentido não unidirecional na compreensão conceitual sobre representações ou explicações realizadas nas aulas, Andrade (2010), com base em Vigotski, ressalta as tensões entre aspectos “externos” e “internos” no funcionamento psicológico humano, visto que “O desenvolvimento dos conceitos depende da fala do outro, da interação social e, ao mesmo tempo, resulta de um trabalho individual de apropriação de sentidos e de usos da linguagem” (p. 96). As relações inter e intrapsicológicas são construídas nos contextos sociais, nas tensões oriundas do diálogo (nos mecanismos semióticos) com o Outro, que se interiorizam e constituem, historicamente, os sujeitos (WERTSCH, 1988; VIGOTSKI, 2001). Essa compreensão torna importante, inclusive, que o professor explicita as concepções de ensino que fundamentam suas práticas (MACHADO; MORTIMER, 2007).

Ao analisar discursos que circulam na correção de um questionário aplicado em sala de aula, Almeida e Giordan (2012, com

base em Bakhtin) ressaltam aspectos associados ao pluralismo da cultura em que os sujeitos estão submetidos:

A professora introduz uma palavra estranha ao universo das crianças e elas dialogam com a palavra. Nessa perspectiva, as palavras – da professora e das crianças – estão ali, influenciando e sendo influenciadas pelos discursos que permeiam a aula. [...] Responder ao questionário se inscreve, portanto, nesse ambiente polifônico de afirmação do outro, das *várias vozes* que são parte integrante do projeto de fala do sujeito. As crianças escutam a voz da professora e não representam essa voz como uma unidade, mas como um jogo de confrontações. (p. 255)

Embora a linguagem expressa pelos estudantes seja parcialmente controlada pelo professor, o mesmo não tem acesso aos conceitos internalizados por eles. O “aprendido” numa aula pode ser “apagado”, reconstruído em outra aula, em outra disciplina, em outros contextos sociais. As palavras estão em um conflito interno, em construções e desconstruções, em combinações e relações complexas com conhecimentos anteriores (VIGOTSKI, 2001, 2009; BAKHTIN, 2009). Portanto, se o estudante tem argumentos coerentes e bem definidos, não será qualquer explicação usada por um professor ou discurso midiático que definirá um novo modo de pensar e agir.

O episódio que segue (turma 01, Reunião 01) objetiva expor um exemplo da não transparência da linguagem, permitindo problematizar o modo como o discurso, ou as imagens, pode ser interpretado pelos estudantes:

**Episódio 06: a não transparência: instauração, extensão e controle de sentidos**

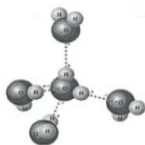
1603. PP: Vocês conseguem imaginar as substâncias presentes nesse copo de



água?[ , figura da folha do Apêndice VI]

1604. A17: Não.

1605. A11: Quando a gente toma água, a gente não tá meio que ligando pra isso, né, mas na verdade ali tem uma cadeia como essa ali representada. [



, Apêndice VI]

1606. PP: Essa representação...

1607. A11: Se a água for suja, ela vai ter mais coisa, né.

1608. PP: ... aí, ela vai ter mais substâncias nela. Essas partículas aqui, elas representam as interações entre as próprias moléculas. É uma explicação que a química usa. [...]

A fala de A11 aponta para uma compreensão realista ingênua associada à imagem, em vista do modo como interpreta a água presente no copo: “*Quando a gente toma água, a gente não tá meio que ligando pra isso, né, mas na verdade ali tem uma cadeia como essa ali representada.*” (turno 1605), além de ilustrar ao fato de que, nas situações cotidianas, não se pensa quimicamente, mesmo havendo conhecimentos químicos que possam contribuir em tais explicações. Com base em Vigotski (2001), a elaboração conceitual passa por um estágio de passagem entre o pensamento associado ao realismo, ao concreto (a um objeto, imagem) para o pensamento por meio de conceitos (o uso de abstrações), que é o que se busca ao longo do ensino de Química desenvolvido na escola. Mortimer (2000) também lança explicações sobre a possibilidade de coexistir explicações em diferentes perfis conceituais expressos por diferentes modelos explicativos em disputa (um baseado no macroscópico e outro no submicroscópico).

O professor, nas aulas, tentava explicar o caráter didático das representações, no intuito de superar noções realistas sobre as imagens. No entanto, explicações e problematizações podem levar para distintos caminhos de entendimento, e não necessariamente àquele que o professor gostaria de explicar ou fazer ver e pensar. Quando PP recorre à imaginação, quando pede aos alunos se “*conseguem imaginar as substâncias presentes nesse copo de água*” (turno 1603), a imagem pensada entre estudantes e o professor seria a mesma? A representação tem o mesmo significado para os sujeitos?

A imaginação depende de experiências anteriores, assim como as experiências têm relação com a imaginação (VIGOTSKI, 2009). Ou seja, a experiência e a capacidade de imaginar partículas submicroscópicas são diferentes para estudantes e professores de

Química. No episódio, não é possível afirmar se a aluna (turno 1605) se refere à representação imaginada no pensamento ou à representação apresentada na questão realizada por PP. Esses são alguns limites e “perigos” da linguagem, pois a pergunta induz ao pensamento (para imaginar), mas a imagem, ao lado do copo da água induz para a representação que, inclusive, foi usada durante as aulas. Pode ocorrer dubiedade na interpretação da pergunta, bem como da resposta de A11.

No momento da entrevista, PP não percebeu as distintas possibilidades de entender a pergunta. Essa percepção por parte do professor, em sala de aula, é importante, pois pode fazer a diferença frente àquelas explicações que buscam um significado mais comum (mais regulado, homogêneo), por exemplo, acerca da natureza da Ciência e dos conceitos químicos sobre imagens e representações, ao mesmo tempo em que pode propiciar, ao professor e aos estudantes, um diálogo que busca definir com mais precisão o sentido de uma pergunta, ao criar cenários e problemas, ou usar determinadas palavras e expressões.

O professor busca inserir o pensamento em nível submicroscópico, expandir e transformar os modos de explicação dos estudantes, a exemplo da representação das forças eletrostáticas envolvidas na interação intermolecular entre as moléculas de água (presentes no copo de água) e a possibilidade de imaginar outras partículas na solução. Nas aulas, percebe-se a tentativa de instauração, (re)elaboração e a extensão a novos modos de explicação (FLECK, 2010), bem como o controle de sentidos frente ao modo como os estudantes interpretam os fenômenos, em coerência com o discurso científico, pois não se aceita qualquer resposta ou explicação durante as aulas.

A perspectiva da pluralidade cultural (LOPES, 1997, 1999, 2007) impõe a necessidade de prestar atenção à diversidade de saberes que integram o conhecimento escolar, entendendo o conhecimento químico enquanto uma criação humana bastante específica, como um pensamento “povoado” de símbolos, fórmulas, modelos, objetos teóricos, aliados a expressões e equipamentos que, sendo bastante específicos, configuram uma ‘propriedade cultural’, merecedora de ser disponibilizada e compreendida pedagogicamente pela sociedade em geral. Graus de interpenetração de linguagens oriundas das CNT permeiam a escola e outras instâncias de produção de cultura, como a mídia, suas reportagens e artigos, que constituem canais de acesso a informações e conhecimentos diversificados. Caso não haja a inserção dos sujeitos ao pensamento em nível atômico-molecular, as imagens

representativas de partículas submicroscópicas conduzirão a interpretações limitadas e/ou equivocadas.

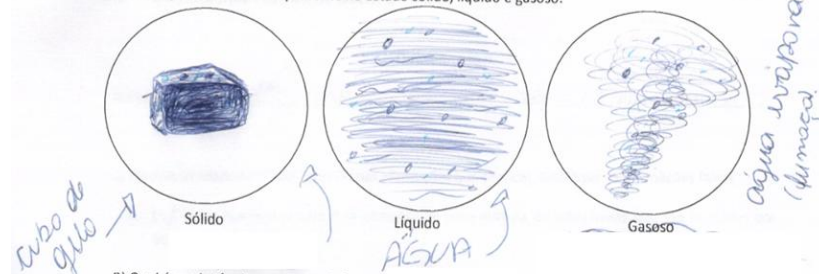
### 6.1.3 As imagens elaboradas pelo Outro

Um episódio representativo que possibilita amplas discussões sobre a não transparência de imagens no âmbito do contexto escolar tem como base interlocuções referentes à turma do 1º ano, a partir de uma entrevista semiestruturada desenvolvida com um grupo de estudantes, em que PP problematiza imagens elaboradas pelos mesmos, buscando entender o representado e avançar em suas compreensões e modos como expressam suas representações. A questão (inserida no episódio) foi elaborada com o objetivo de os estudantes: aplicarem conhecimentos relacionados a discussões envolvendo a temática “Poluição do Ar” em novas situações (com explicações em nível submicroscópico) – avaliando sua capacidade de fazer generalizações com base em aulas anteriores – e analisarem o modo como imaginam a representação de uma substância nas fases sólida, líquida e gasosa, identificando possíveis obstáculos associados ao substancialismo e animismo (MORTIMER, 2000).

#### Episódio 07: a não transparência da representação de um estudante

96. PP: Bem, deixa eu ver ali o que tu fez, que eu não lembro mais. [PP se dirige ao A7]. O que que você tentou dizer quando você ...

4) Tendo em vista os conhecimentos discutidos nas aulas. A) Represente (em nível submicroscópico) uma porção de substância presente no estado sólido, líquido e gasoso.



B) Qual é a substância representada?

C) Explique as representações que você fez.

Bom, no primeiro círculo é um cubo de gelo ou seja (SÓLIDO) no 2º água (líquida) e seus elementos, 3º fumaça com seus elementos (partículas) também

97. A7: Bem, eu fiz um cubinho, tipo, um gelo, e aí ele tem as partículas dele que tem.
98. A23: Olha os rabiscos dela. Hehehe [risos].
99. PP: E essas bolinhas, o que é?
100. A7: Seria as partículas que têm dentro do cubículo, da água.
101. PP: É, por que pedia para representar uma substância, né.
102. A7: Entendi. É que eu fiz do gelo.
103. PP: Aí eu imaginei que era água.
104. A7: Sim.
105. PP: Só que também fez pontinhos de outras cores.
106. A7: Sim, porque a água não está completamente limpa, né.
107. PP: E aqui desenhou como se fosse o vapor, né. Então, as bolinhas seriam...
108. A7: As partículas.

O estudante representa a substância água no nível macroscópico, mas faz a representação de outras partículas existentes na água, o que denota uma boa compreensão sobre o pensamento em nível submicroscópico, ao considerar que a água possui outros componentes em sua constituição, segundo A7: “*porque a água não está completamente limpa*”, ela tem “*partículas*”. O professor esperava a representação de uma substância pura e não de uma mistura. As falas de A7 remetem para a percepção de que a pergunta elaborada pelo professor não fora interpretada como esperado, visto que não houve a representação em nível submicroscópico, apenas da substância água e de suas moléculas. Como PP esperava a representação de uma substância pura, na interpretação inicial da resposta de A7, antes da entrevista com o estudante, a representação levou o professor a pensar que a água estava representada no nível macro e submicroscópico. A entrevista, somada ao fato de se ter acesso ao pensamento de PP (visto que ele também é o pesquisador), indica um problema de interpretação para a não transparência da imagem e da não transparência do enunciado da tarefa (momento em que o sentido se abre, não se fecha, mas pode ser diferente ao do autor do discurso), o que levou para sentidos não condizentes com a representação elaborada pelo estudante.

A água não foi representada no nível submicroscópico, embora partículas nela existentes tenham sido representadas. No questionário, A7 usa a palavra “elemento” como sinônimo de partícula ou substância. Provavelmente, tal representação decorre das discussões sobre a poluição e constituição da água (desenvolvida em sala de aula). A resposta de A7 não está errada e é coerente com as discussões que foram desenvolvidas em aula sobre a constituição do Ar ou da água como uma mistura de substâncias. Na representação A7 percebe a água como uma

mistura e não como uma substância pura. A idealização de imaginar ou representar apenas as moléculas de água – uma imagem muitas vezes ilustrada em livros didáticos e usado nas aulas de Química –, como era esperado por PP, não foi realizada pelo estudante, pois A7 considerou a complexidade do real com base em conhecimentos anteriores.

Na escola ou fora dela, a linguagem (verbal, não verbal, gestual, sonora), o contexto e as ações historicamente situadas são constituintes dos sujeitos, do desenvolvimento da cognição (VIGOTSKI, 2001, 2007). Segundo Bakhtin (2009), há um vínculo concreto entre a situação, o contexto e a comunicação verbal que depende também de aspectos sociais de caráter não verbal (gestos de trabalho, atos simbólicos de um ritual, etc.) que entram em negociação com vivências e ideologias.

Vigotski e Bakhtin veem “a linguagem não apenas em seu aspecto comunicativo, mas como organizadora do pensamento e planejadora da ação” (FREITAS, M., 2005, p. 309). Faz parte da tarefa do professor regular sentidos e significados em coerência com a Ciência, avaliar os estudantes e suas próprias aulas.

Vigotski mostra a importância de se ter uma compreensão clara da natureza psicológica da fala interior. Considerando que a fala exterior representa o início do desenvolvimento da linguagem na criança e é adquirida no processo de internalização verbal, ele se detém de um modo especial analisando a fala que se interioriza em pensamento. [...] Bakhtin se refere ao discurso interior dizendo que sem ele não existe consciência. [...] A linguagem interior origina-se por introjeção da fala comunicativa e dela retém suas propriedades. (FREITAS, M. 2005, p. 309-310).

Ambos os autores permitem inferir, a partir de seus escritos, acerca da complexidade de se ensinar e avaliar, da não linearidade de pensamentos e de linguagens que fazem parte do contexto escolar, tendo em vista a possibilidade de variações nos modos de interpretar, pensar, ler, ver, sentir distintas situações. A regulação de sentidos é fundamental na vigília frente às deturpações ou incompreensões associadas à Ciência, suas simbologias, conceitos, modelos teórico-explicativos, ou mesmo sobre a Ciência, a exemplo da compreensão de que os modelos são representações parciais, sua importância e relação com a realidade material (imagens ou situações), com a qual os estudantes estabelecem

vínculos (FERREIRA, 2010). Essas discussões remetem para a necessidade de, nas aulas, haver momentos em que se possam problematizar discursos ou representações dos livros didáticos, dos estudantes, do professor, dos textos de divulgação, da mídia, etc., como as discussões sobre a natureza da Ciência/Química.

O acesso ao conhecimento químico escolar aponta para a regulação, a discursos aceitos e não aceitos, a interações entre professor e estudantes. O ensino de Química se encontra perpassado por uma linguagem produzida em contexto específico e pelo discurso de autoridade, aliado ao diálogo, tensão, negociação, etc.

Apesar de PP conhecer escritos sobre a perspectiva histórico-cultural antes da entrevista com os grupos, o mesmo não tinha tomado consciência sobre a real dificuldade (mais do que imaginava) sobre a interpretação das representações dos estudantes. A não transparência das imagens foi compreendida mais amplamente ao se perceber contradições entre o representado pelos alunos e o interpretado pelo PP, a partir da análise das aulas, das entrevistas com estudantes e dos questionários desenvolvidos. Assim, por exemplo, uma precipitação na correção de uma avaliação pode ocultar a análise sobre a multiplicidade de sentidos que uma questão, uma frase ou uma imagem podem proferir. Algumas vezes, a antecipação da interpretação, antes de buscar entender o significado da imagem elaborada pelo estudante, prejudica a compreensão sobre (re)construções de conhecimentos escolares que são produzidos no contexto escolar. Percebe-se também, algumas vezes, que uma representação elaborada por um estudante parece ser mais “facilmente” explicada e definida pelos seus colegas (ou PP), embora o autor da representação não consiga estabelecer as explicações sobre os entes representados, uma vez que não parecem ter significados definidos, variando conforme os questionamentos.

No episódio 07 (reportado acima), assim como PP tem dificuldade na interpretação dos entes representados por A7, os estudantes também podem estabelecer nexos e elaborações conceituais que diferem substancialmente do significado atribuído pelo autor da representação (professor, estudante, autor do livro didático) durante as aulas. O estudante pode imaginar ou interpretar algo que é diferente daquilo que o professor expressa ou quis expressar. Em síntese, no contexto escolar, muitas vezes, professores e estudantes imaginam falar sobre a mesma coisa, mas um não tem acesso ao pensamento do Outro.

Ao elaborar uma representação de partícula submicroscópica, a mesma é construída com base em um modelo pensado/imaginado por quem o construiu (professor, estudante, autor de texto didático, etc.).



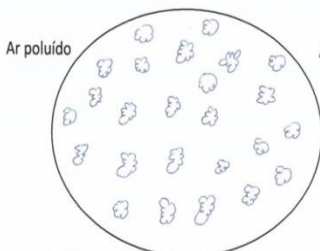
Esse modelo não é transmitido diretamente ao Outro. Ele é construído com base em experiências anteriores (em conhecimentos, contextos, leituras, imagens, etc.) de quem elaborou o desenho. Não há transparência ou unidirecionalidade dos sentidos envolvidos no discurso ou na interpretação de uma imagem, embora possa existir regulação, uma mediação que aponte para a construção de significados que sejam coerentes com a Ciência, ao autor da representação, com determinados modos de ver, pensar e agir.

Na aula 02 (da turma do 2º ano), PP apresenta algumas das representações elaboradas pelos estudantes sobre porções de Ar poluído e não poluído (Questionário I), com objetivo de compreender seus “desenhos” e avançar em seus modos de representação, buscando maior coerência com modelos explicativos usados na Ciência.

### Episódio 08: modos de ver, desenhar, explicar e entender as representações

304. PP: A8, o que significa esses pontinhos?

1) Com aquilo que você já aprendeu em Ciências e Química, represente (*desenhando nos círculos abaixo*) uma porção de ar que você considera poluído e uma porção de Ar que você considera adequado para respirar. Explique as suas representações.



APARECE AS PARTÍCULAS DA POLUIÇÃO, COMO: CIGARETO, QUEIMADAS, CARROS, etc.



É UM AR LIMPO, PORÉM NÃO APARECE NENHUMA PARTÍCULA.

305. Ax: Nuvem.

306. Ax: Fumaça.

307. A8: Ah, eu quis dizer que tá poluído.

308. PP: É poluído, mas significa alguma...

309. A8: Não.

310. PP: Partículas, são partículas, né, ‘partículas da poluição’ [PP lê abaixo da representação]. O que você entende por partículas da poluição?

311. A8: Sei lá o que quis dizer, que ar tem fumaça.

312. PP: Sim, então, não é no sentido de que são, por exemplo, gás carbônico, que é... São partículas de fumaça, de sujeira.

313. A8: É, é como se fossem, tipo, sujeiras.

314. PP: Sujeiras. Ok. Então, a gente vai agora entender que essas sujeiras, elas são formadas por substâncias, por átomos, como o A3 falava na outra aula. [PP

percebe que a representação de A8 é, provavelmente, sobre aspectos macroscópicos].

A pergunta do Questionário demanda explicações sobre as porções de Ar poluído e não poluído, além da elaboração de desenhos que as representem. Desenhos e explicações são criados pelos estudantes e evocam significados em construção. Usam-se termos com pouco significado químico e as imagens evocam sentidos diferentes para o professor e o estudante. A8 não tem clareza sobre o que representou e PP interpreta, a princípio (sem uma análise mais apurada das porções de Ar representadas e das explicações sobre as mesmas, na questão), a imagem do Ar poluído como constitutiva de representações de partículas submicroscópicas. Entretanto, A8 não expressa a compreensão conceitual em nível submicroscópico, quando se analisam os escritos, as imagens e as falas do episódio. Quando A8 escreve “*aparece*” ou “*não aparece nenhuma partícula*” (escrito abaixo de sua representação), aliado as palavras “*fumaça*” (turno 311) e “*sujeiras*” (turno 313) do episódio, percebe-se a sobreposição do macroscópico, isto é, dos sentidos (em especial, a visão). Essas compreensões reforçam a tese de que a imagem não é transparente, demanda explicações do próprio estudante. Estudantes e professores evocam e desenvolvem explicações e entendimentos com base na história de formação, possuem “óculos conceituais” distintos. A materialidade da imagem, seus traços, não garante sentido unidirecional e objetivo. Os sujeitos podem interpretar coisas distintas, contrárias.

Ao perceber os limites do representado por A8, e interessado em discutir aspectos químicos presentes em porções de Ar poluído e não poluído, PP destaca a necessidade de usar outro tipo de representação, uma que melhor se adéque às aulas de Química. Há a necessidade de um novo modo de expressar e representar, a exemplo do ocorrido no Episódio 04. Inclusive, diferentes representações usadas e discutidas em aula podem possibilitar desconstruções de modelos explicativos ou representações simplistas ou unívocas que podem deturpar o pensamento científico aberto ao novo (BACHELARD, 1996).

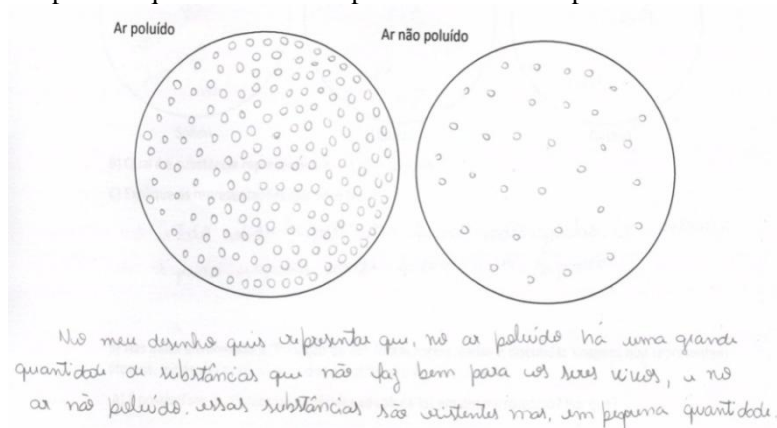
Segundo Bakhtin (2009, p. 36), “A consciência adquire forma e existência nos signos criados por um grupo organizado no curso de suas relações sociais”, uma vez que:

Todo signo é, pois, um fenômeno do exterior, criado pelo homem, que emerge no terreno interindividual e cuja significação se produz na dinâmica das interlocuções (Freitas, 1995). Para Bakhtin (1988), a consciência individual nada

pode explicar, a não ser a partir do meio ideológico e social, sendo, portanto, um fator socioideológico. Ela se constitui, pois, no processo de assimilação da experiência alheia através da comunicação. Não existe signo interno na consciência que não tenha sido engendrado na trama ideológica-semiótica da sociedade. Ao empregar o termo ideologia, Bakhtin (1988) refere-se à maneira como os membros de um determinado grupo social vêem o mundo. (FREITAS, M. 2005, p. 304).

As explicações para os fenômenos, que permitem resolver problemas, derivam do conteúdo social e cultural da histórica de cada sujeito. Os modos de apreender, pensar e agir também são dependentes de seu conteúdo semiótico e ideológico, em que palavras, imagens, sons, contextos e gestos são vinculados: “cada palavra se apresenta como uma arena em miniatura onde se entrecruzam e lutam valores sociais de orientação contraditória” (BAKHTIN, 2009, p. 67). As ideologias influem na elaboração conceitual, na apropriação, ou não, de signos e significados específicos ao conhecimento químico. Na Química, vê-se o mundo com átomos, moléculas, transformações, etc., com signos que se relacionam com ideologias constituintes das relações sociais, com relações que extrapolam o contexto escolar.

No Questionário III, A8 apropriar-se de novos estilos de explicação, do discurso empregado na escola, de linguagens, práticas e conhecimentos específicos (BAKHTIN, 2009; FLECK, 1986, 2010), a exemplo das representações (vide Figura 4) das porções de Ar poluído e não poluído que consideram aspectos submicroscópicos.



**Figura 4: Representação das porções de Ar (poluído e não poluído) elaboradas por um estudante.**

Diferente do Questionário I em que A8 representou o macroscópico, no Questionário III, há a representação de “*substâncias*”, ou seja, do nível submicroscópico demandado para o acesso ao conhecimento químico escolar, superando a representação do macroscópico, ainda que haja limites explicativos, a exemplo da não denominação de quais são as “*substâncias que não faz bem para os seres vivos*” e a não representação de substâncias que “*fazem bem*”, como se pode interpretar ao ler a redação do estudante.

Após as discussões apresentadas na categoria da *não transparência*, pode-se inferir que os sujeitos são permeados de experiências anteriores (histórica, social e culturalmente situadas). Essas experiências possibilitam o estabelecimento de distintas relações, nexos conceituais, discursos, modos de representar, modos de ver e interpretar, agir sobre um problema, etc. A escola é um espaço onde essas experiências estão em jogo e relacionam-se com a especificidade do conhecimento químico escolar, oriundas de um conhecimento científico (social e historicamente construído) com signos específicos e não transparentes, pois diferem daquelas que circundam o contexto cotidiano dos estudantes. O fato de não se ter acesso à totalidade dos efeitos e sentidos envolvidos na interpretação de discursos ou imagens empregadas em sala de aula, uma vez que não são diretamente transparentes ao Outro, implica também em limites sobre afirmações relativas à aprendizagem dos estudantes (e, por extensão, a avaliações que tradicionalmente são realizadas com os estudantes na escola).

Ao considerar o exposto, pode-se dizer que PP buscou, dentro de suas limitações, “ensinar” os significados químicos não transparentes na linguagem verbal e visual usada em sala de aula, a exemplo de discussões sobre: a diferença na constituição química entre um “Ar puro” e um “Ar poluído”; a concentração (porcentagem) de partículas presentes nas misturas gasosas; a consequência de uma pequena ou grande alteração na concentração de alguns de seus componentes; a diferença entre distintas porções de Ar (da sala de aula, do pátio da escola, da montanha, do centro da cidade); a possibilidade de alteração na concentração de componentes do Ar; o significado de cada uma das “bolinhas” ou conjunto de bolinhas presentes nas representações; as relações entre macroscópico, microscópico e submicroscópico; a especificidade da linguagem química; o papel dos modelos e das representações; etc. Defende-se que explicações, como as apresentadas,

que consideram aspectos *da* Ciência/Química e *sobre* a Ciência, potencializam a elaboração conceitual quanto ao acesso ao conhecimento escolar.

## **6.2 Obstáculos e potencialidades**

A elaboração conceitual apoia-se seguidamente em imagens, cuja “força” constitui o pensamento e a linguagem dos estudantes, dificultando, por vezes, a elaboração de conceitos escolares, pois imagens e explicações que orientam os discursos podem ser incoerentes aos da Ciência/Química, tornando-se um obstáculo. No entanto, outras vezes, as imagens e os discursos dão suporte a respostas satisfatórias, sendo, então, considerados elementos importantes na elaboração conceitual, pois atuam na memória e impulsionam discussões que aproximam conceitos científicos dos cotidianos (em movimentos de relação dialética), no estabelecimento de nexos conceituais, na mobilização de sentidos, dando significado ao processo de elaboração de conceitos escolares. Assim, contribuem com melhores respostas frente a problemas enfrentados no dia a dia dos estudantes. As discussões reportam para a necessidade de se problematizar e ensinar sobre imagens e discursos empregados em sala de aula, tendo em vista a sua não transparência, especialmente sobre representações de partículas submicroscópicas.

Esta categoria foi dividida em 4 focos de análise, associados à elaboração de conhecimentos escolares sobre representações de partículas submicroscópicas: I) os obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem; II) a força do obstáculo do realismo ingênuo; III) reprodução e/ou reconstrução das imagens na interpretação de novas situações; e IV) a potencialidade e importância das imagens.

### **6.2.1 Obstáculos na aprendizagem sobre representações de partículas submicroscópicas**

Pesquisas na área de ensino de Química alertam para obstáculos pedagógicos e epistemológicos (BACHELARD, 1996) ao acesso ao conhecimento escolar (LOPES, 1999) no emprego (uso e interpretação) de representações de partículas submicroscópicas (MORTIMER, 2000; SILVA, 2006; LOPES, 2007; OKI; MORADILLO, 2008; JUSTI, 2010).

Cientes de que, na Ciência, os obstáculos precisam ser superados para a formação de um espírito científico aberto ao novo

(BACHELARD, 1996), compreende-se que obstáculos também precisam ser superados na escola para a produção de conhecimentos escolares. Assim, é importante que professores questionem percepções dos estudantes, identifiquem *impressões primeiras*, para, então, fazê-los inserir, expandir e/ou transformar percepções iniciais, ou seja, reestruturar os modos de “ver”, de modo que sejam coerentes com explicações científicas (da Ciência e sobre a Ciência). Isto, de modo a transformar suas concepções, generalizações e conceitos que, muitas vezes, são entendidos como acabados, inquestionáveis ou como reflexos diretos da realidade.

Como exemplo de obstáculos que constituem explicações coerentes com a Ciência/Química, Mortimer (2000), ao analisar um conjunto de pesquisas sobre concepções atomistas, identifica cinco características principais das ideias dos estudantes sobre a matéria, que podem se modificar ao longo da instrução escolar:

- 1 – nem todos usam modelos descontínuos para representar as transformações da matéria;
- 2 – os que usam, muita vezes o fazem de maneira bastante pessoal, o que inclui o uso de ideias animistas e/ou substancialistas onde o comportamento de seres vivos e/ou as propriedades da substância são atribuídos a átomos e moléculas;
- 3 – os estudantes raramente usam outros aspectos do modelo atomista em suas explicações, como, por exemplo, o movimento intrínseco das partículas ou suas interações;
- 4 – eles mostram dificuldades em raciocínios que envolvem a conservação de massa;
- 5 – e, finalmente, os estudantes têm dificuldade em transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomistas, ou seja, em fazer relações entre os modelos atomistas e o comportamento dos materiais nos diversos fenômenos. (p. 105).

O autor também ressalta que essas características permeiam trabalhos de pesquisa realizados em outros países que possuem contextos culturais distintos, o que reporta para “a universalidade dessas idéias alternativas, que se relacionam com formas de pensar altamente socializadas, normalmente baseadas no senso comum, em analogias superficiais e na tendência a sobregeneralizar princípios válidos para situações particulares” (MORTIMER, 2000, p. 106).

Nos módulos de ensino houve explicações, por parte do PP e dos estudantes, que apontam para sentidos incoerentes com a ciência Química, a exemplo do episódio que se segue (turma do 1º ano, aula 02), em que PP problematizava aspectos relacionados com a constituição do Ar:

**Episódio 09: problematizações sobre o senso comum dos estudantes**

140. PP: [...] Então, a todo o momento, o ar está em modificação, pelos ventos, pela umidade do ar. Por exemplo, o Ar puro que a gente chama em uma montanha, só tem gás oxigênio?

141. Ax: Não. Acho que não.

142. PP: Não, né. Como a gente já viu na aula passada, a constituição do ar é aproximadamente 78% de nitrogênio, de gás nitrogênio. Desses, 20% é gás oxigênio e aí tem outras partículas como gás carbônico, e tal, que também constituem esse Ar. Então, não é só gás oxigênio. O Ar puro aqui é diferente da pureza que nós chamamos na química, por exemplo. Na química quando a gente fala em puro, nós estamos pensando em uma substância, uma constituição de alguma coisa que é apenas aquela substância. Quando a gente fala em substância pura, na química, é diferente, por exemplo, é diferente de eu falar em Ar puro, de eu falar em um leite puro [...]

As discussões tendiam a consolidar a visão da possibilidade de o Ar modificar-se, das transformações nele envolvidos. No turno 140, chamou-se a atenção à complexidade do estudo do Ar, de pensá-lo como uma mistura de partículas. Houve a tentativa de desconstruir a ideia de que o “*Ar puro*” é constituído apenas por gás oxigênio ou que não possui nenhuma partícula considerada poluente (como o gás carbônico), uma compreensão oriunda do senso comum de alguns estudantes, bem como a construção de significado ao termo “puro”, usado nas aulas de Química.

O *senso comum* (ou o conhecimento oriundo das interações do cotidiano) pode tornar-se um obstáculo à elaboração do conhecimento científico escolar, por ser oriundo da “experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica – crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico” (BACHELARD, 1996, p. 29). O “*Ar puro*” (PP), como se constata em expressões usadas no dia a dia, refere-se a uma mistura de substâncias, diferente da compreensão do senso comum (por alguns estudantes) de que esse Ar pode ser constituído apenas pela presença do gás oxigênio. A chamada de atenção à especificidade do gênero do discurso (BAKHTIN, 1997), à linguagem usada nas aulas de Química, é destacada por PP na problematização: “*o Ar puro que a gente chama em*

*uma montanha, só tem gás oxigênio?”*, aliada a outras discussões desenvolvidas nas aulas, como a compreensão de que *“Na química quando a gente fala em puro, nós estamos pensando em uma substância”*.

Segundo Bakhtin (1997), “cada esfera de utilização da língua elabora seus *tipos relativamente estáveis* de enunciados, sendo isso que denominamos *gêneros do discurso*” (p. 279, grifos do autor). Almeida e Giordan (2012), com base em Bakhtin, ao analisar processos de construção de sentidos e significados do uso de questionários em sala de aula, remetem para a compreensão do discurso escolar constituído por uma pluralidade de vozes, proveniente da circulação de conhecimentos que estão em negociação, conflito, tensão e instauração de novos discursos, (re)elaborações e transformações aos modos de pensar, de controle da linguagem expressa (que incluem os discursos de autoridade, de persuasão pelo professor). Muitas vezes o PP cria perguntas e respostas, sem perguntar o que os estudantes querem saber. Os conflitos e as tensões nos discursos são provenientes da história de cada indivíduo, da circulação de conhecimentos que extrapolam o contexto escolar e que constituem a “ideologia” dos estudantes.

As tensões entre interno (dimensão individual, subjetiva) e externo (meio ambiente, dimensão social) permeiam toda a obra de Vigotski. É importante ter em mente que essa dimensão social, objetiva, é internalizada, apropriada pelo indivíduo. Essa *internalização* das práticas, da cultura, é possibilitada pela mediação semiótica, pelos signos, que impregnam e constituem a dimensão social-subjetiva (*A formação social da mente, Manuscrito de 29*). (SMOLKA, 2009, p. 41).

Abordagens e explicações sobre situações vivenciais, como as desenvolvidas nos módulos, para além do uso de conhecimentos cotidianos, envolvem um diversificado número de instrumentos e recursos didáticos nas aulas de CNT. Não necessariamente essa diversidade de instrumentos ou a abordagem por situações vivenciais implica uma aprendizagem mais eficiente ou fácil. Por exemplo, há a necessidade de problematizar o conhecimento cotidiano, o senso comum, pois a perspectiva facilitadora do ensino (demasiadamente presa ao cotidiano) pode não permitir o questionamento sobre o conhecimento cotidiano, o acesso ao conhecimento escolar (LOPES, 1997).



Os processos de apropriação e (re)construção de conhecimentos científicos e escolares não se estabelecem numa simples “continuidade entre o senso comum e o conhecimento científico”, como as ações banais do dia a dia. Do mesmo modo, a linearidade do estudo de conceitos químicos, sem problematizações, em sala de aula, não amplia o horizonte de novas percepções sobre situações vivenciais. Na escola, não se está formando cientistas e nem se quer que os alunos permaneçam usando as mesmas palavras que decorrem do aprendizado no cotidiano. A escola trabalha com a especificidade do conhecimento científico escolar que difere dos conhecimentos cotidianos ou científicos e, portanto, demanda processos de mediação didática (LOPES, 1999) que mobilizam práticas, linguagens e pensamentos específicos, oriundos de construções coletivas e históricas da Ciência (VIGOTSKI, 2001; FLECK, 2010).

A gênese do conhecimento demanda novos problemas, a necessidade de superar o pensamento atual (BACHELARD, 1996). Ao entender os processos de negociação de sentidos e significados, com base em Bachelard, podemos entender que o erro é fundamental nos processos de ensino e aprendizagem de CNT. Por essa razão, não se pode encará-lo “como oposto ao conhecimento verdadeiro”, mas como elemento constitutivo de processos de construção de conhecimentos escolares (LOPES, 2007, p. 53). Nesse processo de ensino, de interação social, o erro assume “uma função positiva na gênese do saber” (BULCÃO, 1981, p. 136; LOPES, 2007, p. 33) e constitui papel importante na prática pedagógica, para a mediação e compreensão de pensamentos e linguagens que estão em elaboração permanente pelos estudantes. O conhecimento progride pela consciência das ilusões, pela inserção e apropriação de novas palavras, pela expansão e transformação em conhecimentos que constituem os sujeitos. Logo, torna-se fundamental o estímulo para que os estudantes expressem seus pensamentos, que podem, caso haja a necessidade, ser problematizados a fim de se avançar em explicações coerentes com as Ciências. Isto, na perspectiva de que esse conhecimento possibilite o acesso a explicações e ações que melhor solucionem os problemas que permeiam a realidade por eles vivenciada, como o entendimento de que algumas substâncias, mesmo em pequenas quantidades no Ar, podem gerar grandes “estragos” ao funcionamento do sistema humano e ao equilíbrio do Planeta e a compreensão da responsabilidade social sobre as substâncias lançadas pelo homem no ambiente.

Para além de repensar os continuísmos ao acesso de conhecimentos cotidianos, a apropriação do conhecimento científico

escolar também demanda problematizações para que não se aprenda, por exemplo, a Química pela Química que desconsidera articulações com aspectos contextuais e de outras disciplinas (BRASIL, 2006). Considera-se importante a visão dos dialéticos movimentos “ascendentes” e “descendentes”, de ir e vir, entre conceitos cotidianos e científicos, conforme proposto por Vigotski (2001, 2005), na elaboração de conceitos escolares. As mediações (não desvinculadas da resolução de problemas), por parte do professor, permitem avanços nos conhecimentos dos estudantes à medida que eles extrapolam conhecimentos do cotidiano (conceitos cotidianos, as impressões primeiras, presas ao concreto, restritas às percepções sensoriais) e os conceitos científicos se aproximam dos cotidianos, extrapolando a dicotomia entre as esferas culturais do contexto cotidiano e do científico: sendo distantes, importa colocá-los em movimento de relação dialética. A visão dinâmica e plural das capacidades humanas implica perceber a mente dos estudantes como possuidoras de elasticidade e flexibilidade permanentes frente aos distintos contextos sociais que participam.

Ainda sobre o episódio, é importante frisar que PP, no turno 142, se corrige e usa a expressão correta “gás nitrogênio” e não apenas a palavra “nitrogênio” para designar um dos constituintes do Ar. Nas representações elaboradas pelos estudantes muitos escreviam, por exemplo, “oxigênio”, “nitrogênio” e “carbono” ao descrever a composição do Ar, sem pensar sobre a diferença entre elemento químico e substância. Na Química, a palavra nitrogênio, por exemplo, é adequada quando se fala em elemento químico ou átomo de nitrogênio, e não para substâncias presentes na atmosfera (gás nitrogênio). Entretanto, no dia a dia, na mídia, onde não há a preocupação com a exatidão dos termos, corriqueiramente se usa apenas ‘oxigênio’ e ‘nitrogênio’ como referência às substâncias (gás nitrogênio, gás oxigênio, etc.), e todos parecem se entender.

Nas aulas, a exemplo do Episódio 10 (turma do 1º ano, aula 02), PP busca evitar obstáculos do animismo, verbalismo e substancialismo ao destacar alguns contaminantes presentes na atmosfera e seus danos à saúde (com base num quadro presente em PEQUIS, 2010, um livro didático do ensino médio). Apesar do cuidado, no próprio episódio e em outros momentos da aula, há o uso de sentidos que remetem aos obstáculos citados.

#### **Episódio 10: obstáculos do animismo e verbalismo**

[com base no *slide*].

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA × DANOS À SAÚDE		
Contaminante	Efeitos à saúde	Principais fontes
Monóxido de carbono (CO)	Impede o transporte de oxigênio no sangue, causa danos aos sistemas nervoso central e cardiovascular.	Queima de combustíveis fósseis.
Óxidos de enxofre (SO <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub> )	Doenças cardiovasculares e respiratórias.	Combustão de carvão e petróleo com enxofre.
Óxidos de nitrogênio (NO e NO <sub>2</sub> )	Danos ao aparelho respiratório.	Combustão do gás nitrogênio a altas temperaturas na queima de combustíveis.
Hidrocarbonetos (C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> )	Alguns têm propriedades cancerígenas, teratogênicas ou mutagênicas.	Uso de petróleo, gás natural e carvão.
Macromoléculas	Danos aos sistemas respiratório, gastrointestinal, nervoso central, renal etc.	Atividades industriais, transporte e combustão.

PEQUIS, 2010

244. PP: [...] contaminantes, tem o monóxido de carbono que a gente já viu, que como efeito na saúde, ele impede o transporte de oxigênio no sangue, ele causa danos ao sistema nervoso central e cardiovascular e ele é... vem de combustíveis fósseis. Tem óxidos de enxofre também, óxidos de nitrogênio que causa danos ao aparelho respiratório e que vem da combustão do gás nitrogênio. O gás nitrogênio é um gás inerte [ao organismo], mas a altas temperaturas ele também acaba liberando o óxido de nitrogênio. Também tem os hidrocarbonetos...

245. A2: Que que é isso?

246. PP: Que são as substâncias formadas de carbono e hidrogênio [o PP representa os elementos C e H no quadro], por exemplo, o metano, o butano, o propano, o benzeno. São exemplos de hidrocarbonetos as substâncias formadas apenas de..., dos elementos carbono e hidrogênio. E alguns deles também têm o oxigênio, têm o nitrogênio [representa os elementos O e N no quadro abaixo dos elementos C e H], mas a grande quantidade de átomos presentes nos hidrocarbonetos é carbono e hidrogênio e eles vêm do petróleo, gás natural. [...] A substância, ela tem propriedades específicas, então ela tem uma temperatura de fusão, tem uma temperatura de ebulição, né, que é específica daquela substância. Ela tem propriedades específicas, ela faz algumas funções específicas, por exemplo, o gás carbônico é diferente do monóxido de carbono [representa o CO e CO<sub>2</sub>, e fica apontando para ambos enquanto fala], tem outras funções, tem outra temperatura de fusão, de ebulição. Essa aqui é a molécula [se corrige], a representação da molécula [PP risca com giz abaixo da representação do CO<sub>2</sub> presente no quadro negro]. Quando eu tenho várias moléculas eu tenho

o que a gente chama de substância. As moléculas, as substâncias, elas são formadas do quê? De átomos. Isso vocês acho que já estudaram, né? Os átomos. 247. A1: Já. Passa pra frente!

No turno 245, o questionamento imediato “*Que que é isso?*”, logo após o professor falar a palavra “*hidrocarbonetos*”, denota a preocupação de estudantes na elaboração conceitual de palavras novas e, aparentemente, sem significado. O uso da palavra hidrocarboneto por parte do professor e estudantes pode remeter ao verbalismo, ou seja, parte-se do pressuposto de que a verbalização de palavras específicas do campo da Ciência não é, geralmente, sinóníma da significação e aprendizagem desses signos (VIGOTSKI, 2001), a exemplo de  $N_2(g)$ ,  $H^+(aq)$ ,  $\rightarrow$ , molécula, substância e hidrocarbonetos, usados e/ou pronunciados em aulas de CNT, muitas vezes não significados conceitualmente pelos estudantes quanto ao que representam.

No Episódio 04, o verbalismo também se evidenciou quando estudantes perguntavam: “*o que é o monóxido de carbono?*”, “*E o Argônio?*”, uma vez que essas palavras já haviam sido usadas em outras aulas ou anos anteriores, mas ainda não possuíam um significado consolidado. Essa compreensão aponta para a relevância dos processos de mediação dessas palavras em aulas de Ciências, que demandam, muitas vezes, no caso da Química, explicações coerentes com os modelos teóricos e o uso de representações de partículas submicroscópicas, a fim de evitar falsas impressões de apropriação de seus significados conceituais.

Pode-se compreender que no ensino demasiado *verbalista*, palavras do contexto científico tendem a “ganhar assim uma clareza intrínseca abusiva. Com o uso, as idéias se valorizam indevidamente” (BACHELARD, 1996, p. 19), a exemplo do uso da palavra “esponja”, discutida pelo autor (1996, p. 91): em que “uma única imagem ou até uma única palavra constitui toda a explicação” e na Ciência, a palavra, permitiu “expressar os fenômenos mais variados. [...] A função da esponja é de uma evidência clara e distinta, a tal ponto que não se sente a necessidade de explicá-la” (p. 91), tornando-se um obstáculo verbal.

O verbalismo do autor refere-se a “hábitos verbais que instituímos e que constituem sérios impedimentos ao desenvolvimento e ao progresso do pensamento científico” (BULCÃO, 1981, p. 50), havendo a necessidade de que “a linguagem também se ‘retifique’ a fim de se tornar adequada à ciência contemporânea. [...] Surgem muitas vezes palavras que em lugar de expressarem os fenômenos vão ser obstáculos à explicação científica” (pp. 50-51). Nesta pesquisa, o

obstáculo *verbalista* refere-se não somente à desatualização do significado das palavras ou ao uso de palavras cotidianas para explicar diversos fenômenos, no acompanhamento do progresso da Ciência, mas à apropriação de palavras, simbologias e imagens vazias de significados coerentes ao que elas representam. Segundo Vigotski (2001), o “verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos” (p. 247), na prática, esconde o vazio, não assimila o conceito, mas a palavra, “pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios” (p. 247). Nesse sentido, expressões de cunho formalístico em aulas do ensino médio, por vezes, não são significadas pelos estudantes, ainda que o emprego do sentido adequado à palavra denote uma impressão por parte do professor de que houve o aprendizado também de seu significado. Na pesquisa de França (2009), por exemplo, ao investigar como os estudantes do ensino médio constroem o conceito de íon, houve a percepção da apropriação memorística de palavras ao retomar a memória de conceitos ainda não efetivamente consolidados, pois os alunos têm dificuldade em justificar coerentemente suas ideias.

PP, ao falar que o monóxido de carbono “*impede o transporte de oxigênio no sangue, ele causa danos ao sistema nervoso central e cardiovascular*” (turno 244), denota a possibilidade de uma compreensão animista por parte dos estudantes. No *animismo*, “as propriedades ou conceitos físicos apresentados são dotados de vida e as embrionárias tentativas de explicação mostram-se carregadas de metáforas tendo por base o ser vivente” (LOPES, 2007, pp. 144-145). Segundo Bulcão (1981), “cientistas estudavam o universo atribuindo-lhe as características biológicas do homem” (p. 53), a exemplo das expressões: o aquecimento vem *despertar a afinidade* do magnésio com o oxigênio, ou, os átomos dividem-se entre os que *gostam e não gostam* de elétrons. Ao dizer que o monóxido de carbono “*impede o transporte de oxigênio no sangue*” e “*causa danos ao sistema nervoso central e cardiovascular*” não se utilizam das explicações químicas sobre as propriedades da substância, e, conseqüentemente, das interações químicas da mesma com substâncias que constituem o sistema nervoso e circulatório. Esses termos dão vida às substâncias, associando explicações com palavras cotidianas e com significados distintos aos da Química, dificultando abstrações de conceitos pelos estudantes, a elaboração das funções psicológicas superiores (como as capacidades de abstração, síntese, generalizações) que poderiam fazer parte das explicações verbalizadas pelo professor e estudantes sobre modelos e representações que envolvem as aulas de CNT.

Ainda que brevemente trabalhada e discutida no episódio apresentado, PP buscou evitar compreensões substancialistas ao diferenciar os conceitos de substância e molécula, ainda que compreensões associadas à fórmula química não tenham sido discutidas no Episódio, podendo gerar confusão entre os conceitos de fórmula química e de molécula. Considera-se importante que discussões, como as apresentadas em trabalhos de Mortimer (1995; 1996), sejam trabalhadas nas aulas de Química, a exemplo do significado das fórmulas químicas e de não atribuir às propriedades físico-químicas das substâncias apenas para **uma** molécula isolada.

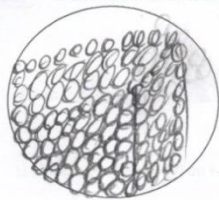
O obstáculo *substancialista* de Bachelard “consiste na tendência que o homem tem de reunir em um único objeto as instituições mais diversas, muitas vezes, até opostas” (BULCÃO, 1981, p. 51), ou seja, é possível acumular “adjetivos sobre um mesmo substantivo” (*idem*, p. 52). Lopes, com base em Bachelard, diz que no substancialismo “um conjunto de propriedades é visto como pertencente à determinada substância”, assim, “as qualidades” das substâncias são encaradas como seus próprios atributos, “deixando-se de considerar que as substâncias químicas são inteiramente relativas umas às outras e suas propriedades são frutos dessa relação” (2007, p. 165). Exemplo: se duas substâncias ( $H_3PO_4$  e  $HCl$ ) são comparadas quanto à sua acidez, deve-se levar em consideração a afinidade que essas substâncias possuem com a água, o grau de ionização, nas partículas em interação que, de fato, proporcionam as propriedades à mesma, e não simplesmente o maior número de prótons ( $H^+$ ) capazes de formar o próton.

Cabe destacar que o substancialismo permeia explicações dos estudantes, mesmo após o desenvolvimento das aulas, a exemplo do Episódio 11 (turma do 1º ano, Reunião 01) em que se questiona sobre a representação de uma substância nas fases sólida, líquida e gasosa:

#### **Episódio 11: o substancialismo em representações de estudantes**

123. PP: E aquele desenho da [questão] 4, hein, A5. Eu achei bem diferente. Assim... o que você quis dizer?

4) Tendo em vista os conhecimentos discutidos nas aulas. A) Represente (em nível submicroscópico) uma porção de substância presente no estado sólido, líquido e gasoso.



Sólido



Líquido



Gasoso

B) Qual é a substância representada? -> *água*

C) Explique as representações que você fez.

*No estado sólido as moléculas de água estão mais unidas de forma uniforme. No líquido as moléculas de água que são arredondadas e no gasoso elas se movem e levam flutuando pelo espaço.*

124. A5: Meio estranho, né.

125. PP: Não, eu achei bem interessante. Você representou as bolinhas em formas diferentes, pedi para representar uma substância, tu disse que era a água, mas você representou em formas diferentes. O que você quis dizer?

126. A5: Aqui elas se unem, aí forma uma coisa mais difícil de quebrar assim, por isso que é sólido, pode ser gelo, pode ser... sei lá. Aqui líquido, elas podem ser menos unidas, pode ser ..., difícil explicar. Aí tentei fazer elas maiores, elas se encaixando, se escorregando. Diferente do gelo. Aí no gasoso elas se..., por exemplo, tá, nessa daqui [refere-se ao estado sólido], ela esquentou aí ela ficou toda mole [refere-se ao estado líquido]. Aí essa mole começou a evaporar e ficou assim [o gasoso].

127. PP: É que aqui, por exemplo, você colocou algumas grandes e aqui tem umas menorzinhas [referindo-se ao estado gasoso].

128. A5: É sujeira.

129. PP: Ah! É sujeira!

130. A5: Eu tô esquecendo as palavras.

131. PP: Então, está pensando como se fosse uma dilatação da substância?

132. A5: Essa daqui esquentou, depois ficou mole e depois começou esquentar e...

133. PP: Eu achei bem interessante. Representou de uma forma diferente. Representou a dilatação. Embora exista uma certa dilatação da substância, no sentido de que a molécula fica mais agitada, em movimento, tem mais energia cinética, mas ela não muda assim.

134. A5: É. Eu também achei estranho.

As “*moléculas de água*” (resposta da questão 4C do episódio) representadas estão associadas às propriedades macroscópicas, ao conceito de dilatação da matéria, inclusive na fala e na escrita, através do uso de palavras como: “*mole*”, “*escorregando*”, “*amolecidas*” e “*leves*”, associadas às moléculas de água representadas, por sua vez, nos estados sólido, líquido e gasoso<sup>32</sup>. Segundo Mortimer (2000, p. 129), “um estudante com a visão substancialista provavelmente representa as partículas como um modelo, mas como uma cópia da própria realidade. Nesse sentido, sua visão, além de substancialista, é também realista”:

Esse conceito da dilatação das partículas é muito comum nos modelos atomistas intuitivos elaborados pelos estudantes. Faz parte de uma concepção que chamamos ‘atomismo substancialista’, uma vez que propriedades macroscópicas das substâncias, como dilatar e mudar de estado, são atribuídas aos átomos e moléculas. De acordo com esse modelo, os átomos ou moléculas dilatam-se quando uma substância é submetida a aquecimento. (MORTIMER, 1995, p. 24).

Apesar de remeter à compreensão substancialista, os estudantes, nas entrevistas, ao explicar suas representações, no diálogo com PP, externaram um estranhamento quanto às mesmas, ora mais ora menos explícito, como no turno 124: “*Meio estranho, né*” (A5, referindo-se a sua própria representação), e após a problematização de PP, no turno 134: “*Eu também achei estranho*” (A5). Isso indica a tendência à superação da visão substancialista, à mudança na forma de representar. De forma geral, estudantes reconhecem que deveriam ter representado as moléculas de uma mesma substância, do mesmo tamanho. Ou seja, durante a entrevista, na maioria dos casos, mesmo sem a intervenção direta do professor, ao reanalisar suas representações e/ou comparar suas respostas com as dos outros colegas, parece haver a compreensão de que sua representação não é a mais adequada.

A representação do estado gasoso da água denota a influência das discussões sobre a poluição do Ar na resolução de outras perguntas, visto que A5 representou a água no estado gasoso, mas com “*sujeira*” que representa as partículas menores. Nas aulas se discutia que o Ar e a

---

<sup>32</sup> A questão foi inspirada com base no livro de Mortimer (2000) que analisa aspectos didáticos associados aos estados físicos da matéria, com base nos perfis conceituais.



água são constituídos por uma mistura de partículas, o que indica que A5 estabeleceu nexos conceituais na interpretação de uma nova situação. A representação também tem um problema de escala, visto que a “*sujeira*” está representada em dimensão menor que as “*moléculas de água*”. No turno 130 é interessante o comentário de A5: “*Eu tô esquecendo as palavras*”, o que indica a dificuldade em expressar o pensamento, na representação ou explicação verbal que faça referência às palavras usadas nas aulas de Química e que são esperadas pelo professor.

Entre as discussões mais representativas sobre os obstáculos, pode-se destacar, ainda, o realismo ingênuo. Bachelard sugere que se empreenda “*uma psicanálise do espírito científico*, como forma de desobstacularizar os pensamentos que atrofiam ou que ficam entorpecidos por verdades tidas como fixas, imutáveis” (SILVA, 2007, p. 63). Na psicanálise<sup>33</sup>, busca-se superar o espírito científico de verdades pré-estabelecidas, tornando-o “consciente da impureza das motivações que o movem e dos obstáculos derivados daí” (p. 63). De forma análoga às percepções bachelardianas sobre a construção do conhecimento científico, Martins (2009, p. 273) compreende que “os estudantes chegam à sala de aula com os saberes já constituídos e sedimentados pela vida cotidiana”. Porém, é preciso problematizar esses saberes e avançar na inserção e expansão de ideias iniciais para que se possa ter acesso aos conhecimentos científicos escolares; afinal, nas CNT, trabalha-se com linguagens específicas não transparentes, com modelos e representações que, na maioria das vezes, são distintas das construções conceituais oriundas do contexto cotidiano.

## 6.2.2 A força do obstáculo do realismo ingênuo

Cabe mencionar que entre os pressupostos pedagógicos e epistemológicos envolvidos no planejamento das aulas, PP buscava favorecer a emersão de situações e discursos que pudessem expressar e problematizar o obstáculo do realismo em que as representações das partículas submicroscópicas são compreendidas como cópias fidedignas da realidade. Segundo Lopes (2007), “o realista supervaloriza suas impressões tácteis e visuais” e, dessa forma, “resiste à abstração” (p.

---

<sup>33</sup> “O conceito de psicanálise em Bachelard possui o significado de retirar do conhecimento seu caráter subjetivo que entorpece e obstaculariza a ciência, não se assemelhando ao conceito freudiano” (LOPES, 2007, p. 142).

149). Ciente disso, nas aulas (no âmbito da temática), as explicações envolviam discussões sobre: as distinções entre modelo, representação e realidade (JUSTI, 2003; SANGIOGO, 2010); a significação de signos representados nos modelos explicativos e sua epistemologia (MALDANER, 2003); e as relações entre o tripé: o fenomenológico (fatos e fenômenos cotidianos, o macroscópico), o teórico (explicações em nível atômico-molecular) e o representacional (o simbólico) que constituem conhecimentos químicos estudados na escola (MORTIMER, MACHADO, ROMANELLI, 2000).

Na entrevista com a turma de estudantes do 1º ano, após o desenvolvimento das aulas, especificamente na discussão acerca de suas respostas sobre uma das questões do questionário<sup>34</sup> que reportava ao realismo, PP deparou-se com a insistência ao modo realista de entender as representações. Cabe ressaltar que o Episódio 12 é representativo de percepções que também foram evidenciadas na análise de aulas e entrevistas com outros estudantes.

#### **Episódio 12: a “força do realismo”**

17. PP: Quando se faz uma representação de um átomo ou uma molécula, a mesma se refere a uma fotografia do átomo ou da molécula?

18. A13: Depende.

19. A4: Eu botei...

20. A5: Pra falar a verdade acho que eu coloquei verdadeiro porque eu não consegui justificar de cabeça.

21. A4: Ah, eu coloquei falso, mas aí depois a gente fez a prova e aí eu pensei assim: há, não sei, nem sempre, pode ser uma representação, mas aí quando eu fui realizar a prova aí eu pensei, ah, acho que isso está errado, vou colocar verdadeira. Aí eu apaguei e coloquei como verdadeira, mas não sabia que a resposta estava certa. Eu tinha botado falsa.

22. A23: É que eu não sabia justificar.

23. PP: É, eu vi que tinha duas pessoas que modificaram, tinham colocado falsa e depois modificaram. [PP se refere a A23 e A4 que haviam colocado como falsa, mas apagaram]

24. A4: Eu fiz isso.

25. A5: Eu não entendi direito.

26. A7: É. Eu também não entendi.

---

<sup>34</sup> Questão 01: “Marque Verdadeiro (V) ou Falso (F) nas afirmações que seguem. **Justifique as afirmações falsas:**” Letra D “( ) Quando se faz uma representação de um átomo ou uma molécula, a mesma se refere a uma fotografia do átomo ou da molécula.”

27. A5: Quando faz a representação de um átomo ou de uma molécula a mesma se refere a uma fotografia de um átomo ou de uma molécula. Tipo, se tu for representar isso daqui, se é possível através de foto? É isso?

28. PP: A pergunta é se a imagem do átomo, da molécula, ela é uma fotografia dela, ou não. Se eu posso ver no microscópio aquele átomo e aquela molécula.

29. A5: Acho que eu tinha entendido isso. Aí eu achei que dava pra ver.

30. A23: É, eu também.

31. A5: Dá para ver coisa tão pequena no microscópio.

32. A4: Tá, mas...

33. PP: Tão pequena, mas, por exemplo, quando eu falava: é nível submicroscópico. E submicroscópico o que quer dizer? Tem que pensar... é ainda menor que o microscópio.

34. A5: Até aqueles que é eletrônico, assim? Que aumenta mais de mil e duzentas vezes.

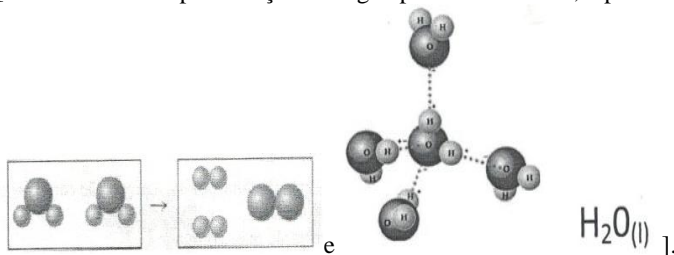
35. A4: É. [A4 concorda com a pergunta]

36. PP: Até aqueles.

37. A5: Não dá pra ver mais?

38. A13: É pequeno.

39. PP: Lembram que eu falava nas aulas que é um modelo teórico, né. Com base no modelo teórico se fazem as representações, como essas daqui [referindo-se às representações da água presente na folha, Apêndice VI:



40. A4: Tá, mas essas representações não são, tipo, verdadeiras? Ou tipo, é só mais uma forma da gente entender melhor a matéria?

41. PP: Uma forma melhor de entender a matéria.

42. A5: Mas se for ver. De um lado, se dá para tirar foto. Por que que não dá pra ver?

43. PP: Mas não dá pra tirar foto.

44. A13: E como é que ali a gente vai tirar uma foto colorida? [fala ao referir-se, talvez, às imagens trabalhadas nas aulas e presentes nos livros didáticos].

45. A23: É.

46. PP: A gente não consegue tirar uma fotografia dos átomos e das moléculas.

47. A4: Tá querendo... Então, o ar, por exemplo, o oxigênio, vem com um xxxx, não tem como...

48. PP: Tu não vai conseguir.

49. A5: ããã

50. A4: Tipo, aqui tu tem um nitrogênio, tem carbono, o hidrogênio, tem tudo, mas tipo, tu não pode bater uma foto, pegar e desenhar.

51. PP: Por mais... é tão pequeno, tão pequeno. Escala de  $10^{-9}$  metros. Não existe microscópio que consiga capturar algo tão pequeno. Então o que você faz? Hoje em dia tem alguns microscópios que constroem uma representação de uma substância, por exemplo, mas aquela representação, ela não é uma fotografia direta da substância, como, por exemplo, de uma célula, que tu consegue visualizar uma célula, mas a célula é muito maior do que uma substância. Pensem que a célula, ela é constituída de milhares e milhares de substâncias, do DNA e outras substâncias que também constituem a célula. E por isso que nós conseguimos visualizar a célula, por exemplo, no microscópio. [...] Um cientista [...] Ele não vai conseguir tirar a fotografia, ele vai conseguir criar uma imagem com base no modelo teórico que o cientista construiu pra dizer..., pra fazer uma representação parecida, que seja, com esta que está aqui, mas nunca vai ser uma fotografia [referindo-se às imagens da entrevista]. O software cria uma imagem com base numa teoria que está por trás daquele software que vai construir a imagem, mas mesmo assim..., por exemplo, essas bolinhas aqui [aponta para as representações da folha], tu nunca vai conseguir identificar elas dessa forma que está aqui.

52. A5: Mas assim, se eu pensar em um elemento, como é que eles usam uma foto do elemento?

53. PP: A ideia das bolinhas, das representações é só pra ajudar vocês a entender...

54. A13: Ter uma ideia.

O resultado do diálogo aponta para a permanência do obstáculo realista, mesmo após as interlocuções desenvolvidas nas aulas, ou seja, constata-se a “força” do realismo no modo de interpretar as imagens representativas de partículas submicroscópicas trabalhadas em sala, mesmo após as diversas intervenções do professor, as quais podem persistir também na universidade (JUSTI, 2006; OKI; MORADILLO, 2008; SANGIOGO, 2010). Nas relações entre conhecimento e mundo

o que prevalece é (continua ser) o realismo ingênuo, em que o conhecimento é (supostamente) a representação estrita de um mundo ontológico externo. Por outro lado, é bem sabido que as imagens que os alunos formam de Ciência têm muito a ver com a visão de Ciência dos seus professores e com o designado currículo oculto (imagens implícitas designadamente nos programas e manuais escolares). (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004, p. 371).

Nas aulas, por exemplo, discutiu-se sobre a diferença das dimensões envolvendo o macroscópico, o microscópico e o

submicroscópico, ressaltando o fato de que as representações usadas nas aulas de Química não podem ser vistas, tal como representadas, num microscópio, pois envolvem modelos explicativos que têm origem na dialética entre racionalismo e empirismo, possuindo dimensões nanométricas (ou escala próxima a  $10^{-9}$  metros). Durante as aulas, os estudantes pareciam ter compreendido que tais representações não seriam cópias fidedignas, fotografias ou micrografias da realidade. No entanto, a percepção realista parece prevalecer nas explicações desenvolvidas pelos mesmos. Eles não parecem convencidos da impossibilidade de visualizar no microscópio, tal como representadas, imagens usadas nas aulas.

Durante o episódio, o professor (PP) também poderia falar das análises químicas envolvidas para conhecer a constituição de determinadas porções de matéria. Talvez, pela simplificação das explicações desenvolvidas, os estudantes poderiam pensar que não seria possível conhecer a constituição, por exemplo, de uma porção Ar, ao entender que as representações não podem ser visualizadas tal como representadas no microscópio.

A permanência na compreensão realista também se evidenciou no Questionário III que solicitava aos estudantes marcarem Verdadeiro (V) ou Falso (F) na afirmação: “*Quando se faz uma representação de um átomo ou uma molécula, a mesma se refere a uma fotografia do átomo ou da molécula*”. Ambas as respostas deveriam ser justificadas. Na turma de estudantes do 1º ano, 04 responderam corretamente, 02 tiveram respostas parcialmente corretas, 19 responderam equivocadamente ao corroborar a afirmação anteriormente enunciada e 02 só marcaram V (sem justificar). Nas turmas do 2º ano, 08 estudantes responderam corretamente, 07 tiveram respostas parcialmente corretas e 07 responderam equivocadamente, indicando uma maior tendência de superar visões realistas ao longo dos anos de escolarização, especialmente pelo fato de que, segundo relato, eles (estudantes do 2º ano) já haviam realizado discussões sobre a distinção entre modelo e realidade, no ano anterior.

No episódio apresentado, apesar de haver a impressão de que os estudantes acompanharam o raciocínio do professor, não é possível afirmar que houve a superação do realismo ingênuo. As visões expressas pelos estudantes foram vistas como surpresa por PP, pois na aula eles pareciam ter efetuado a compreensão. A resistência dos estudantes em aceitar o não realismo das representações de partículas submicroscópicas alarmou PP durante a entrevista, a exemplo do turno 42, em que A5, mesmo após as explicações de PP, questiona: “*Mas*

*assim, se eu pensar em um elemento, como é que eles usam uma foto do elemento?”.*

Além do estranhamento de estudantes às afirmações de PP (no episódio) de que as representações não podem ser vistas no microscópio, tal como representadas nos livros e aulas, eles parecem ter dificuldade em entender o que são as representações e sua relação com aspectos fenomenológicos (MORTIMER, 2000). Estudantes, nas Reuniões, relataram problemas ao interpretar a Questão 01 (letra D) e ao expressar seu posicionamento sobre a afirmação, uma vez que precisa justificar porque era falsa.

Em outro episódio, ao retomar a discussão do realismo ingênuo, a fim de perceber se havia ocorrido alguma mudança nas concepções dos estudantes, PP fez duas perguntas: (I) “*vocês pensavam que a representação era como se fosse uma fotografia da realidade?*”; e (II) “*vocês, antes das aulas, vocês imaginavam que, se colocassem, por exemplo, um pedaço dessa cadeira no microscópio fosse possível visualizar os átomos, as moléculas disso aqui?*”. Na primeira, os estudantes responderam negativamente; na segunda, positivamente. A partir da reelaboração da pergunta, evidenciam-se mudanças em suas respostas. O que parecia não ser um problema ao aprendizado (na pergunta I), a partir da reelaboração da pergunta com o incremento de uma situação real (ver átomos e moléculas da cadeira, no microscópio), o obstáculo do realismo “reaparece”. Isso demonstra a importância de se estabelecer relações entre os modelos explicativos oriundos da Química e o fenomenológico, afinal, “a ausência de fenômenos e seus contextos nas salas de aula pode fazer com que os alunos tomem por ‘reais’ as fórmulas das substâncias, as equações químicas e os modelos para a matéria” (MACHADO, 2004, p. 173). Mortimer (2000) destaca que a discussão de um único fenômeno dificilmente será suficiente para a superação dos obstáculos encerrados nas ideias dos estudantes e o discurso de autoridade do professor pode não “não ter eco entre os alunos” (p. 298), fazendo com que visões deturpadas sobre o conhecimento científico permaneçam.

A afirmação da Questão 01 (do episódio) não se referia a uma situação vivencial (como colocar uma porção de Ar, água, cadeira, no microscópio), mas à relação entre representação e fotografia, que pode ser entendida como desarticulada do fenomenológico (relação que PP esperava que fosse realizada pelos estudantes): uma explicação é dada no âmbito do conhecimento científico, ao formalismo químico, e a outra, ao interpretar, à luz desse conhecimento, uma situação vivencial. Assim, há a compreensão de que os estudantes podem marcar como

falsa a afirmação da Questão 01 (letra D), sem associá-la a aspectos de sua realidade material. Todavia, ao refazer a pergunta associando-a a algum material/objeto, as respostas podem ser outras.

Cabe destacar, como apenas sinalizado acima, que estudantes do 2º ano que já haviam realizado discussões sobre a distinção entre modelo e realidade, no ano anterior, evidenciam tendências maiores em se afastar do realismo, como se evidencia no Episódio 13 (Reunião 01, turma do 2º ano):

**Episódio 13: a importância da discussão sobre modelos.**

27. PP: [PP, ao se referenciar para a questão 01, letra D do Questionário III] É, vocês acertaram, né. [...] Quando se faz uma representação de um átomo ou de uma molécula, a mesma se refere a uma fotografia do átomo ou da molécula?

28. A19: Não, porque não sabe, porque não se sabe como é que é.

29. A16: É porque não pode ver, porque não tem tecnologia suficiente para ver.

30. A6: Eu coloquei verdadeiro porque é uma representação. É uma teoria. Teoricamente é o que eles acham que é. Não sei, é como se fosse uma foto do que eles acham que seria.

31. A16: ... mas não é uma fotografia, sabe? É só uma representação.

32. A6: É. Ninguém nunca viu, não tem tecnologia para ver.

33. PP: É, inclusive aqui você [A6] escreveu isso e lá no final na última questão, colocou que era uma representação, lá na outra questão. [...] e aqui tu colocou verdadeiro [na letra D da questão 01].

34. A6: Eu tinha assinalado falso, mas depois coloquei verdadeiro.

35. PP: Mas tu achava..., tu entendia que podia, por exemplo, se eu colocasse alguma coisa no microscópio, que eu poderia ver, por exemplo, os átomos e substâncias?

36. A6: Não, porque não tem potência.

37. PP: E antes de iniciar as aulas, vocês achavam que era possível?

38. A16: Não, porque a gente já tinha aprendido desde o primeiro ano.

39. A19: Eu não, eu não sabia [A19 não teve aula com o mesmo professor que os demais colegas, segundo informação da mesma].

O episódio reforça a relevância de discussões sobre o significado de modelo e representação nas aulas de Química ao longo da formação escolar, com vistas a evitar que o realismo constitua compreensões e explicações incoerentes com a Ciência pelos estudantes, por exemplo, ao interpretar notícias, rótulos, etc.

Resultados da questão em análise, das aulas e das Reuniões apontam para o desafio de se ensinar sobre Ciências, em particular, sobre o que são modelos e representações (MORTIMER, 2000; JUSTI, 2006, 2010; OKI, MORADILLO, 2008), pois as discussões desenvolvidas nas aulas parecem insuficientes para muitos estudantes no

intuito de fazê-los superar o obstáculo do realismo ingênuo. Todavia, é sempre bom registrar: seria possível a superação total do realismo? Mesmo na discussão expressa no episódio, parece haver resistência dos alunos em aceitar a ideia de que não se poder fotografar ou micrografar átomos e moléculas. A “força” do realismo expressa no Episódio 12 remete, pois, para a importância de problematizar a natureza da ciência Química ao longo da formação escolar (LOPES, 2007; OKI, MORADILLO, 2008) e não apenas em momentos isolados, dado que não se podem desconsiderar as recorrências do realismo ingênuo sobre os modelos teóricos e suas representações.

Por mais que se faça, as metáforas seduzem a razão. São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. Uma psicanálise do conhecimento objetivo deve pois tentar diluir, senão apagar, essas imagens ingênuas. Quando a abstração se fizer presente, será a hora de *ilustrar* os esquemas racionais. Em suma, a intuição primeira é um obstáculo para o pensamento científico; apenas a ilustração que opera depois do conceito, acrescentando um pouco de cor aos traços essenciais, pode ajudar o pensamento científico. (BACHELARD, 1996, p. 97).

Nessa perspectiva, Lopes (2007), embasada em Bachelard, ressalta a importância de problematizar as imagens, pois elas são sedutoras, assim como as metáforas, que são traduções “pouco precisas do conhecimento científico: não racionalizam, mas produzem a crença de conhecimento, a impressão de que se compreende” (p. 143). Tais reflexões, aliadas a discussões sobre os obstáculos, remetem à atenção por parte do professor a possíveis incompreensões e deturpações durante o aprendizado dos estudantes, a fim de permitir desconstruções e avanços conceituais relacionados a imagens, a analogias ou a metáforas usadas em aulas de CNT/Química (ANDRADE; ZYLBERSZTAJN; FERRARI, 2002; LOPES, 2007; SANGIOGO; ZANON, 2012).

### **6.2.3 Reprodução e/ou reconstrução de imagens na interpretação de novas situações**

A elaboração conceitual, para além da linguagem verbal, se orienta por meio de imagens vivenciadas em diferentes espaços e contextos (escola, televisão, jornal, internet), como destaca Compiani



(2012) ao ressaltar a relevância de “aumentar a nossa capacidade interpretativa e teórica envolvendo sob uma perspectiva dialético-histórica as novas formas de representação com imagens e sons em interação recíproca com o verbal” (pp. 127-128). A linguagem visual também elabora o pensamento, pois traços das mesmas permeiam a memória, são lembradas em explicações que podem ser reproduzidas e/ou reconstruídas na interpretação de novas situações (VIGOTSKI, 2009). Vigotski (2004, 2010) discute sobre diferentes tipos de memória, a exemplo da memória, como a auditiva, a motora, a visual, a audiovisual, etc., as quais os sujeitos podem desenvolver e que são importantes instrumentos à formação das funções psicológicas superiores. Para ele, quanto mais diversas são as vias mobilizadas na memória, mais elas penetram no sistema nervoso e “mais solidamente ela permanece nele” (VIGOTSKI, 2010, p. 189).

Com vistas a exemplificar a força reprodutiva e/ou combinatória das imagens, no episódio 14 (turma do 2º ano, aula 05), ao retomar o conceito de poluição, PP depara-se com a memória de imagens anteriormente apresentadas.

**Episódio 14: lembranças de imagens quase “vazias” de significado químico?**

729. PP: Então, gente, hoje nós vamos continuar com a discussão sobre a poluição do Ar. A gente já vinha falando na aula passada, a aula retrasada também, já é a quinta aula ou quarta aula que nós estamos falando sobre isso. Então, o que que é a poluição do Ar? O que vocês lembram que a gente já falou? Qual a constituição do Ar atmosférico?

730. A21: Ai, eu lembro, mas eu não sei explicar.

731. PP: Então, fala.

732. A21: Mas, eu não sei explicar.

733. PP: Bem, mas o que você sabe que constitui o Ar?

734. A21: Oxigênio, nitrogênio.

735. PP: Oxigênio, nitrogênio.

736. A21: Você tinha falado daquelas bolinhas que era aquelas imagens, tinha umas bolinhas que eram da poluição e tinha mais e era muito poluída. Eu lembro os *slides*, assim, a imagem vem na minha cabeça, mas eu não consigo explicar.

Ao tentar responder o questionamento de PP, A21 nos reporta à “força” das imagens no processo do ensino, à recorrência da memória sobre representações anteriormente apresentadas nas aulas, para explicar e representar a concentração e constituição de partículas de uma porção de Ar poluído e não poluído. No entanto, compreensões e explicações

que correspondam às imagens anteriores não são instantâneas, uma vez que exigem a retomada e a reconstrução de significados a elas atribuídos, para além de sua reprodução na memória, no pensamento, tendo em vista o novo problema a ser enfrentado: explicar o que é a poluição do Ar.

Nesse sentido, A21 diz “*eu lembro, mas eu não sei explicar*”, e com a insistência de PP, A21 associa a imagem (constituente do pensamento) com o “*oxigênio*” e o “*nitrogênio*”, acrescentando que a constituição do Ar tem a ver com as imagens (de *slides*) usadas e explicadas em aula, pois “*tinha umas bolinhas que eram da poluição*”, “*a imagem vem na minha cabeça, mas eu não consigo explicar*” (A21). Lembrar a imagem que possuía “bolinhas”, usada em aula, neste caso, não foi suficiente para responder, de modo satisfatório, aos questionamentos de PP, pois A21 não se lembrou das explicações que atribuem sentidos e significados à representação, ou seja, mais combinações e reelaborações são necessárias para se atribuir o conceito de poluição do Ar e para falar acerca de sua constituição. Segundo Vigotski (2001, 2009), a atividade de reprodução e criação de sentidos atribuídos a palavras e imagens faz-se com base em experiências anteriores: “podemos formar imagens, criar mentalmente cenas e cenários, imaginar, tomando por base a experiência alheia. Isso se torna possível pela linguagem” (SMOLKA, 2009, p. 23).

A atividade reprodutiva ou reconstituidora está ligada com a memória do homem e “sua essência consiste em reproduzir ou repetir meios de conduta anteriormente criados e elaborados ou ressuscitar marcas de impressões precedentes” (VIGOTSKI, 2009, p. 11). Na atividade criadora ou combinatória, “o homem imagina, combina, modifica e cria algo novo” (p. 15), “ao combinar o velho de novas maneiras” (p.17). Afinal, “o cérebro não é apenas o órgão que conserva e reproduz nossa experiência anterior, mas também o que combina e reelabora, de forma criadora, elementos da experiência anterior, erigindo novas situações e novo comportamento” (p. 14) para problemas a serem enfrentados.

Outro exemplo representativo da “força” da imagem no processo educativo, em que ela se tornou um obstáculo levando a uma interpretação equivocada da construção do conhecimento escolar, situa-se no contexto da entrevista realizada na turma do 2º ano, durante o questionamento acerca das respostas sobre a Questão 03 do Questionário III, como segue:

### Episódio 15: memória de uma imagem para a interpretação de uma nova situação

103. PP: E agora com vocês todos aqui, o que vocês entendem quando tem essa...

3) Explique a representação que se refere a compressão do ar em uma seringa. O que representa as bolinhas no interior da seringa? Qual a diferença do "Antes" e do "Depois"?

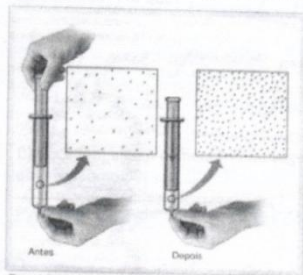


Figura 4-18 Modelo para o ar sendo comprimido na seringa

O ar dentro antes não estava sob pressão, quando o ar da seringa foi empurrado para cá o ar pressionou a se comprimir aumentando a pressão

35

104. A16: É, na verdade, tu me deu meio certo ((na correção da questão 03)) [interrompe PP, pois tem dúvida sobre a correção realizada].

105. PP: É... então, o que vocês...

106. A16: É que na verdade aqui..., eu acho que você perguntou o que eram as bolinhas.

107. PP: Você só colocou que era Ar, né?

108. A16: É, na verdade acho que eu esqueci. É porque na verdade a bolinha aqui é o que eu entendo como as partículas que tem no Ar, né. Então, aqui, no caso, elas, como não têm pressão nenhuma, elas ficam mais livres pelo Ar [no "Antes", imagem da esquerda], e quando tu acaba botando mais Ar pra dentro, essas bolinhas são o Ar que tinha na seringa, então tu acaba comprimindo mais [no "Depois", imagem da direita].

109. PP: E foi colocado mais Ar aqui dentro, será?

110. A16: É. O Ar que eu digo é tipo as partículas desse aqui, de oxigênio, nitrogênio, essas coisas. Aí eu entendo que essas partículas seriam isso: o nitrogênio, o oxigênio.

111. PP: E... tá. E quando fez aqui a pressão é? [aponta para a redação, a explicação de A16 na questão]isso aqui significa o quê? Que foi colocado mais partículas dentro da seringa?

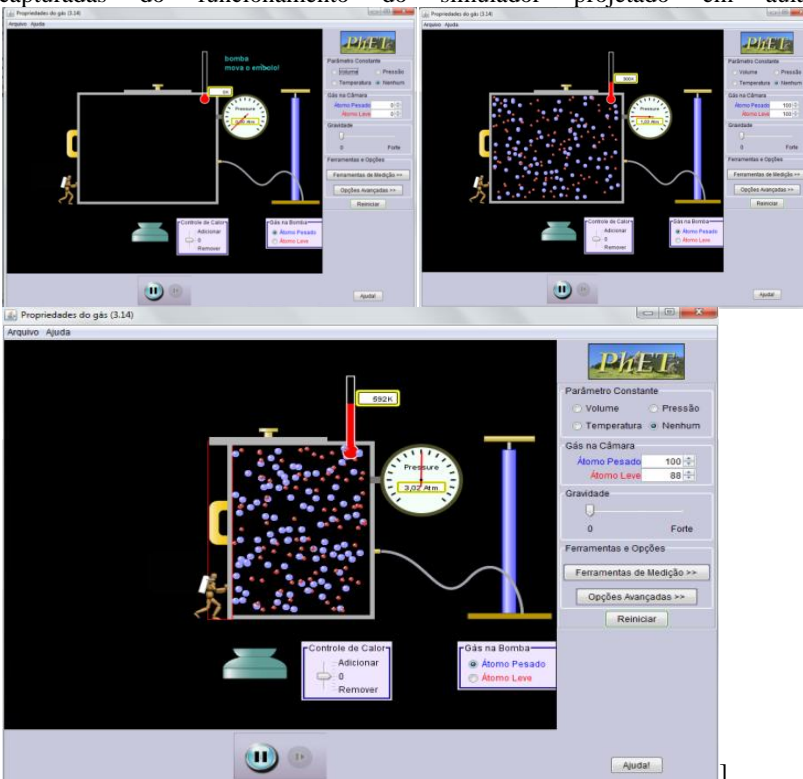
112. A16: Sim, foi colocado mais, foi acrescentado mais, mais essas partículas que tinham dentro da seringa pra cá. Então, comprimiu mais o Ar que tinha ali dentro.

113. PP: O que vocês acham? [PP pergunta para todos]

114. A19: Eu acho que diminuiu o Ar, ficou menos ar ali dentro.

<sup>35</sup> Fonte da imagem da Questão: Mortimer e Machado (2002).

115. A6: Ele só diminuiu mais o espaço. Ocupando menos o espaço.
116. A16: Sim, porque as partículas que estavam aqui dentro, elas passaram daqui para cá [do lado esquerdo para o direito da imagem], aí acabou pressionando. Como aqui o espaço já ocupado por essas daqui [lado esquerdo], veio mais partículas e pressionaram a caixa, bastante. Então, aqui [lado direito da imagem] ela tem bem mais pressão do que aqui [lado esquerdo da imagem].
117. A19: Mas aqui parece que ele é que tá pressionando aqui o negocinho.
118. A6: Mas é, tipo, olha só, aqui [imagem da esquerda] a seringa tem bastante espaço. Ele simplesmente aperta a seringa.
119. A19: Então, é isso que eu tô falando, aí sai o Ar. Sai o Ar.
120. A6: Não. O Ar continua lá...
121. PP: Olha que tá pressionando hein...
122. A16: Ah, velho! Eu achei que tipo assim... Eu achei que aqui, o ar daqui [da esquerda] tinha passado pra caixa. [todos riem. A16 abaixa a cabeça e começa a rir. A16 fez a relação com o simulador, o objeto de aprendizagem, denominado “Propriedades dos gases”, disponível em <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>. Seguem imagens capturadas do funcionamento do simulador projetado em aula:



123. A19: Que caixa?  
124. A6: Sim, é isso que eu tava querendo te dizer.  
125. A16: Sim, é porque..., lembra daquele dia... se lembra naquele, naquele, naquela apresentação que ele [PP] passou, no desenho.  
126. A3: Ahan. É tipo uma caixa.  
127. A16: Tipo uma caixa com um bonequinho.  
128. A3: Aí o bonequinho vai apertando.  
129. A16: Eu achei que era isso. Achei que tava fazendo aquele negócio da animação...  
130. A6: Que viagem!  
131. A16: Sim, claro, viajei.  
132. PP: Então essa caixinha, ela só tá tentando representar as partículas que estão aqui dentro, ó...  
133. A16: Sim, sim, sim! As partículas que tão ali dentro.  
134. PP: ... e daí, aqui, como foi pressionado, né? Então, as partículas estão mais próximas.  
135. A16: Sim! Mais próximas.  
136. PP: Não foi colocado mais partículas.  
137. A16: Sim. E ele ainda tá com o dedo na ponta. Então, quer dizer que elas ficaram próximas.  
138. A19: Tá escrito aqui, comprimindo a seringa, tá...  
139. A16: Então, ainda bem que eu coloquei que aumentou a pressão, porque tá certo.  
140. PP: É, eu considerei bastante até.  
141. A16: Ah, bom, entendi errado então [risos]. É porque você passou naquela apresentaçõzinha lá pra gente.  
142. PP: O simulador.  
143. A16: É o simulador, isso. Passou o simulador, e então, na minha cabeça eu tava falando do simulador, bem que eu notei que não tinha um fio pra caixa, tá ligado? Da próxima vez eu tomo mais cuidado.

Ao reproduzir uma imagem anterior, sem questionamentos, A16 tem dificuldade em (re)interpretar uma situação diferente do simulador trabalhado em aula. O olhar previamente estabelecido tornou-se um obstáculo, ou seja, a imagem toma a memória e os argumentos do estudante, ainda que ele não consiga sustentá-los por muito tempo. O fato de a questão possuir algumas semelhanças visuais com o simulador pode ter direcionado o pensamento para o equívoco. O estudante necessitou tomar consciência acerca do modo como se reproduzia na memória a imagem, e isso se estabeleceu no diálogo com os colegas e o professor. No momento em que A16 percebe a incoerência de seus argumentos, por se tratar de uma situação nova e que a imagem anterior não poderia ser simplesmente reproduzida, pois exigia novos nexos/combinções, ele explica porque havia pensado daquela forma.

Inclusive, os colegas e o professor compartilham elementos do modo de pensar do aluno (referentes às imagens do simulador, a exemplo de A3: “*É tipo uma caixa*” e “*Aí o bonequinho vai apertando*”), compreendendo o equívoco, pois também vivenciaram em aula a discussão envolvendo o simulador. Pode-se dizer que a linguagem visual gerada pelo simulador teve uma força na memória e nas explicações. Portanto, diferentes linguagens (não desvinculadas de seus contextos) podem conduzir para discursos coerentes, ou não, com vistas à elaboração de conceitos escolares. Cabe a vigilância para a compreensão simplista, e merecedora de problematização, de que o ensino com imagem remete para um aprendizado mais fácil e que demanda menos habilidades cognitivas, como destaca a pesquisa de Ferreira (2010) ao analisar percepções de professores em formação inicial.

O estudante A19 parece ter mudado de raciocínio duas vezes no Episódio, ora coerente ora incoerente com o discurso científico, pois no turno 114 corrobora com a explicação de A16 (“*Eu acho que diminuiu o Ar, ficou menos ar ali dentro*”), apesar de sua resposta para a questão ter sido outra, enquanto no turno 117 contraria seus argumentos, ao dizer: “*Mas aqui parece que ele é que tá pressionando aqui o negocinho*”. O professor/pesquisador (PP) permite que os alunos dialoguem e façam questionamentos que visam o conflito às explicações de A16. O estudante A6 defende seu posicionamento, tentando ajudar o colega (A16) a avançar na explicação equivocada que associava, de forma direta, o simulador com a interpretação da questão 03 do questionário.

Do ponto de vista da perspectiva histórico-cultural, podemos dizer que não é simplesmente a “visão” que se impõe sobre a ação da criança; é a *percepção* sincrética e globalizada desta que vai se tornando mais analítica com a emergência da linguagem. A observação está relacionada, portanto, à percepção detida e orientada, e à atenção voluntária. Desenhar copiando ou representando o real em seus detalhes é tarefa difícil; é uma possibilidade de realização da atividade; supõe o desenvolvimento do simbolismo, um objetivo específico, o distanciamento do objeto, o direcionamento do olhar, o controle da ação. (SMOLKA, 2009, p. 114).

No entanto, é evidente que toda construção do conhecimento científico escolar envolve, de início, uma percepção primeira, uma

imagem ou esquema geral de pensamento que se desenvolve nas relações estabelecidas em sala de aula. Há a necessidade de ir além das primeiras impressões, da subordinação a imagens visualizadas que constituem o pensamento, sendo fundamental o incentivo à imaginação criadora que exige relações e nexos conceituais que extrapolam a simples reprodução de falas ou imagens, a exemplo da resolução de novos problemas e o estabelecimento de novas relações conceituais.

Com base em Bachelard, é possível entender que as imagens podem ser boas, se ativarem os processos de abstração que o pensamento científico exige. Contudo, “a razão não pode se acomodar às imagens, devendo estar pronta a destruí-las sempre que o processo de construção do conhecimento assim o exigir” (LOPES, 2007, p. 142). Portanto, as problematizações, o diálogo, as tensões e as negociações, quando expressas pelos estudantes, são importantes, pois o professor pode regular os sentidos na busca de uma maior coerência com a especificidade do conhecimento escolar ao introduzir, ampliar ou transformar determinados modos de ver, pensar e agir. Mortimer (2000), por exemplo, expressa

que a superação, em sala de aula, de algumas dificuldades para a aceitação do atomismo, que envolve a superação de obstáculos como a descrença no vazio entre as partículas, não é questão a ser decidida pelas evidências empíricas, mas pelas negociações baseadas em argumentos racionais e talvez na autoridade do professor, como representante da cultura científica. [...] negociação em que os elementos da cultura científica são usados como argumentos, racionais e de autoridade, no convencimento dos alunos que não admitem o atomismo como plausível. (pp. 132-133).

Nas aulas, PP apresenta argumentos racionais para inserir um determinado modo de pensar e agir, não há a necessidade de mostrar provas empíricas sobre modelos teóricos usados nas explicações da sala de aula, a todo o momento. Com o objetivo de entender a realidade com base no nível submicroscópico, há problematizações e negociações de sentido nas explicações dos estudantes, que se vinculam à discussão sobre a importância de qualificar a leitura de imagens e/ou explicações que permeiam a sala de aula.

#### **6.2.4 A potencialidade e a importância das imagens**

Segundo a abordagem histórico-cultural, “os processos de *internalização* acontecem mediante o uso dos *signos* que funcionam como auxiliares que agem como instrumento na atividade psicológica” (ZANON, 2003, p. 109). O processo de elaboração conceitual constitui-se nas interações sociais, na (re)significação de sentidos e significado, o que remete à importância do Outro no desenvolvimento e na singularidade dos sujeitos. Segundo Vigotski e Bakhtin, sem o Outro, “o homem não mergulha no mundo *signico*, não penetra no mundo da linguagem, não se desenvolve, não realiza aprendizagens, não ascende às funções psíquicas superiores, não forma a sua consciência, enfim, não se constitui como sujeito” (FREITAS, 2005, pp. 305-306). Isso denota a fundamental importância dos sujeitos já inseridos nos modos de explicação que se deseja ensinar ou apreender, como os da Química.

“O produto da atividade criativa é sempre fruto de seu próprio tempo, do contexto social em que a pessoa que cria está inserida, e das influências deste tempo e da cultura sobre a pessoa” (BALMANT, 2005, p. 263), de modo que é a “atividade do cérebro que leva o homem a estar voltado para o futuro, sendo capaz de novas criações, construções e descobertas, proporcionando o seu desenvolvimento e o da sociedade” (p. 263). A inserção no estilo de pensamento da Química, aos seus modelos teórico-explicativos e modos de representação, permitem diferentes modos de entender e agir sobre a sociedade, ao analisar fenômenos, imagens e situações. Na escola, espera-se que esses modos de “ver” vinculem-se com conhecimentos historicamente constituintes e constituidores de pensamentos, linguagens e ações na vivência cotidiana. Para isso, torna-se importante conhecer a importância das imagens da Química, bem como os modos de potencializar a leitura das mesmas.

Com vistas a propiciar novas discussões frente às discussões expostas sobre a importância e a potencialidade das imagens representativas de partículas submicroscópicas, apresenta-se o Episódio 16 (1º ano, reunião 01). No episódio, após discutir sobre o realismo, PP pergunta aos estudantes sobre a importância das representações usadas no ensino de Química:

#### **Episódio 16: a importância das imagens no ensino**

55. PP: É. E vocês acham que melhora o aprendizado?

57. A13: Claro!

58. PP: É, porque, às vezes, pode ser que não!

59. A4: Melhora.

60. A7: É, pra gente ter uma ideia na cabeça.



61. A4: É porque se você falar, por exemplo: nitrogênio, como é que você vai pensar o que é o nitrogênio. Um negócio que não é assim, físico, digamos assim. Tipo, tu não vai conseguir entender.

62. A23: É mais fácil de entender.

63. A4: É isso. O que é físico é mais fácil de entender. É mais fácil de entender, por exemplo, com as representações. Tua associa, daí.

Os estudantes, nas Reuniões, pronunciaram-se de forma unânime quanto à importância do uso das representações no processo de ensino e de aprendizagem, pois com o uso de representações “*é mais fácil de entender*” (A4, turno 62). No turno 61 é perceptível a compreensão quanto à abstração necessária para, por exemplo, “*pensar o que é o nitrogênio*”, visto que ele “*não é assim, físico*” (A4). As representações são instrumentos didáticos de ensino, que estabelecem uma relação com o concreto, com o real, mas carregam significados conceituais oriundos de um constructo teórico da Química, a exemplo do que se discutiu nos Episódios 01, 02 e 03. Elas ajudam “*ter uma ideia na cabeça*” (A7) para a reprodução ou a elaboração de explicações coerentes com o conhecimento químico estudado na escola.

Giordan (2008) destaca que a visualização molecular confere certa concretude às representações de partículas atômico-moleculares e que as mesmas são importantes para engajar os estudantes “no processo de elaborar formas internas e externas de representação dos fenômenos submicroscópicos” (p. 193), embora, por exemplo, ao permanecer no uso de uma representação “corre-se o risco de estagnar sua capacidade de elaborar outras formas de representação” (p. 193).

Em outros momentos das aulas, percebeu-se uma grande participação dos estudantes quando se apresentavam imagens que traziam uma situação vivencial atrelada a explicações científicas (como a criança no sol e a representação da incidência de radiação ultravioleta). A imagem parecia induzir uma maior participação dos mesmos nas aulas, com perguntas ou relatos que remetiam a situações vivenciadas fora da escola, conforme o Episódio 18 (turma do 1º ano, aula 03):

**Episódio 17: imagem como motivadora de relação entre macroscópico e submicroscópico**

[com base na imagem, o professor tinha o objetivo de analisar a interpretação de uma figura (MORTIMER; MACHADO, 2002) presente no *slide*:

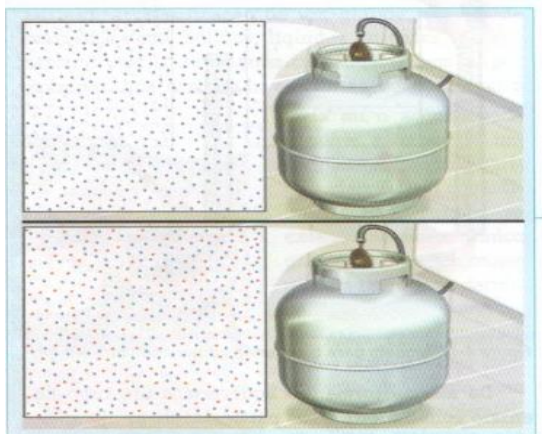


Figura 4-20: Modelo para a difusão do gás pela cozinha.

293. PP: O que acontece, por exemplo, quando deixo o gás de cozinha aberto?

294. A3: Dá um cheirão e aí xxx...

295. A1: Faz que nem no Rio de Janeiro, explode tudo. [aqui se percebe a influência de uma reportagem da TV na sala de aula<sup>36</sup>]

296. PP: Isso, vocês viram lá no Rio de Janeiro o que aconteceu, né, deixou aberto e...

297. A8: Enquanto ele tá lá dentro, ele é líquido, né.

298. PP: Aqui dentro [aponta para dentro do bujão de gás] tem uma porção muito grande de butano... [alunos não deixam PP concluir as explicações]

299. A3: professor! Assim ó, se o gás vaza, ele fica por cima ou ele... Ele sobe pra cima ou ele fica no mesmo lugar?

300. A11: Ele sobre pra baixo [ri o colega].

301. PP: Ele tende a se dissipar, sair do recipiente, ele tende a subir e ocupar o espaço que ele tem. Então, ele vai ocupando o espaço [faz gesto com as mãos como se estivesse remando].

302. A3: Ele tende a ficar em baixo ou em cima?

303. PP: Ele tende a subir, né.

304. A3: Sim, né, porque uma vez lá em casa, a minha mãe, ela tava fazendo comida e aí pegou fogo, tipo, um pouquinho só, tipo, não tava vazando assim ((bastante)). O problema é que a gente não sabia, né, e aí pegou fogo no teto ((da casa)). E aí começou a pegar fogo em cima e não em baixo. Só em cima.

<sup>36</sup> Circulou na mídia (a exemplo do programa Fantástico do dia 16/10/2011), a notícia sobre uma explosão em um restaurante no centro do Rio de Janeiro, devido ao vazamento de gás de cozinha.

305. PP: É, ele vai subindo, porque aqui ele está no estado líquido [gás do botijão], e aqui [indica o ar com as mãos] ele vai passar pro estado gasoso e vai ocupar todo o espaço. Se tiver alguma porta aberta, ele vai subindo e ocupando os espaços mais superiores. Ele é muito leve, então, ele tende a subir mesmo.  
306. A14: Menos denso que o ar, né.

Ao trazer a interpretação de uma situação cotidiana com base numa imagem (botijão de gás de cozinha com a representação da dissipação das partículas constituintes do referido gás), PP depara-se com relatos e perguntas muito pertinentes e coerentes com as discussões desenvolvidas em aula. Questionamentos e conhecimentos com base em vivências de fora da escola são trazidos para a discussão em sala de aula. “Nas interações que ocorrem nas escolas, vários discursos estão circulando: do livro didático, do professor, dos colegas, dos fatos experimentais, do senso comum e da mídia” (MACHADO, MORTIMER, 2007, p. 23).

O diálogo do Episódio reporta para o papel das perguntas realizadas pelo professor e pelos estudantes nas interações intersubjetivas propiciadas em sala de aula, onde ambos aprendem e são considerados sujeitos que possuem experiências, desejos e faltas que conduzem para novos saberes e construções de novos argumentos: “a falta gera desejo e sem desejo não há possibilidade de aprender, pois aprender implica domínio, apropriação, ter poder sobre, tomar algo como seu” (RAMOS, 2008, p. 62).

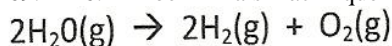
No Episódio 18 (Reunião 01, turma do 2º ano), destaca-se a importância das imagens no aprendizado e suas relações entre pensamento e linguagem, no estabelecimento da combinação, dos nexos conceituais entre conhecimento anterior e o conhecimento novo.

#### **Episódio 18: imagens para estabelecer nexos conceituais**

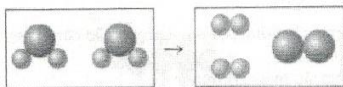
267. A16: [...] na verdade eu achei que tinha que ter mais aqueles simuladores né, que eles ajudam bastante a gente entender o que acontece.

268. PP: É, eu percebi que bastante gente fez associação do simulador com o...

269. A16: É bem mais fácil que tu passar uma equação dessa daqui:



Tu passar um desenho desse daqui



, que tá mostrando o que tá acontecendo aqui, do que simplesmente passar a equação para a gente [...]

270. A19: É, porque é muito mais fácil, a gente grava muito mais imagens do que.... Qualquer pessoa.

271. A16: Até porque quando a gente pensa, a gente não pensa em letras e números, a gente já vê a imagem, né. [...]

277. A16: Sim, eu acho que se o nosso professor de química na hora que ele passasse uma equação...

278. A19: ... passasse um desenho... nossa... verdade!

279. A16: ... se ele passasse esse desenho, seria melhor, até porque quando ele tá fazendo a questão, ele passa o desenho e a gente já entende melhor. Se ele não passasse a gente não estaria entendendo. Eu acho que isso acontece também na física, porque na física passa muita coisa, e o nosso professor do ano passado passava bastante desenho, então a gente pegava mais fácil e ((professor)) desse ano, ele não passa nada, ele simplesmente passa equação, passa dados.

280. A3: É só teoria.

281. A6: Ele não passa nada.

No turno 271, A16 sinaliza para o modo como o seu pensamento converge ao interpretar determinadas situações: *“Até porque quando a gente pensa, a gente não pensa em letras e números, a gente já vê a imagem”*. A memória das imagens trabalhadas em aula parece predominar sobre o verbal e o simbólico (*“letras e números”*), possuindo uma *“força”* no ensino e na aprendizagem. As imagens, em especial as que representam partículas submicroscópicas, fazem parte da linguagem química e relacionam-se com aspectos fenomenológicos, teóricos e simbólicos do conhecimento químico escolar. A fim de evitar obstáculos, deturpações ou simplificações conceituais, esses instrumentos didáticos requerem, para sua compreensão: a apropriação de palavras e sentidos específicos; reflexões sobre a natureza da Ciência; o papel dos modelos e representações na Química e no ensino de Química, etc. A qualidade da leitura das imagens ou explicações empregadas nas aulas de Química depende das discussões sobre a não transparência desse modo específico de *“ver”* o mundo. Essas imagens necessitam da mediação de aspectos químicos nelas representados, sobre suas limitações e potencialidades conceituais. As imagens quando melhor viabilizam o conceito tendem a potencializar a produção do conhecimento escolar.

Os estudantes ainda parecem ser dependentes da imagem, de objetos concretos externo para compreender o conceito (a transição para o pensamento por conceitos). Os estudantes estão em amadurecimento dos domínios genético e de desenvolvimento: o filogenético, o ontogenético e o sociogenético (VIGOTSKI, 2000, 2001). Eles preferem o mais imediato à memória ao esforço de abstrair, de fazer generalizações que conduzam à formação de conceitos: *“é muito mais fácil, a gente grava muito mais imagens”* (A19, turno 270) e *“se ele*

*passasse esse desenho, seria melhor, até porque quando ele tá fazendo a questão, ele passa o desenho e a gente já entende melhor”* (A16, turno 279).

As explicações que constituem a temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos” tinham como objetivo abordar a complexidade do real, a dinamicidade das transformações no ambiente, as diferentes possibilidades de análise ao se considerar diferentes tempos e espaços. Uma preocupação de PP durante as aulas foi destacar compreensões que envolvem conceitos unificadores: escalas, transformações e regularidades (ANGOTTI, 1991, 1994). O conceito de *transformação* e *regularidade* abarca as transformações envolvidas na matéria viva e não viva: por exemplo, o Ar que respiramos está num sistema complexo de ciclos vitais, eu inspiro o Ar e, ao expirar, o Ar não é mais o mesmo que foi inspirado, ou seja, o Ar se modifica em diferentes espaços e tempos. O conceito unificador das *escalas* envolve, especialmente, compreensões de dimensão macroscópica e submicroscópica, pelo fato de que a poluição do Ar decorre de material particulado que, diferentemente das substâncias gasosas na temperatura ambiente, encontra-se no estado sólido, podendo ser percebida, inclusive, pela visão, e de partículas de dimensão de escala nano ( $10^{-9}$ m), não perceptíveis, diretamente, tal como são representadas aos sentidos. A dinamicidade na análise de uma situação vivencial demanda o uso de uma série de relações que não podem ser resolvidas ou compreendidas com um ou dois conceitos desarticulados. Generalizações e simplificações são passíveis de incompreensões, o que explica porque PP evitava, por exemplo, supervalorizar definições, a resposta correta ou **uma** imagem representativa de uma porção de Ar. Acredita-se que o estudo da temática rompeu com a abordagem de ensino meramente fragmentada e linear (BRASIL, 2006).

Ao realizar a leitura de uma representação de partícula submicroscópica, torna-se importante não imaginá-la ou entendê-la como um único e perfeito modo de representar um conceito, uma situação ou ideia (JUSTI, 2010), bem como a percepção sobre os ‘entes’ químicos nela representados (átomos, moléculas, interações químicas, reações, etc.). Na temática estudada (“Poluição do Ar: o Ar que respiramos”), é preciso compreender que, a todo o momento, substâncias químicas se transformam, ligações químicas são formadas e rompidas, átomos organizam-se e reorganizam-se mediante interações intramoleculares e intermoleculares. Os entes químicos representados não são estáticos e coloridos (como nos livros), mas possuem estrutura tridimensional, movimentam-se. O conhecimento químico e as

representações não refletem de forma direta a realidade, embora permitam ações e compreensões sobre ela.

García e Palacios (2006) trazem aspectos importantes a serem considerados pelos professores de Química ao relatarem problemas que os estudantes podem manifestar quanto à utilização e compreensão de representações semióticas:

- Não costumam compreender sua natureza midiática e metafórica (Galagovsky e Aduriz-Bravo, 2001).
- Quando analisam várias representações centram-se em somente uma delas (a mais familiar e concreta) e em suas características superficiais (não nas conceitualmente relevantes) (Seufert, 2003; Lowe, 1996).
- Da mesma forma, ao usar diferentes representações, têm dificuldades em sua coordenação e integração (Van Someren e col., 1998; Seufert, 2003); e realizam conexões entre elas quando se enfrentam processos de resolução de problemas (Tabachneck e Simon, 1998). (p. 249, tradução nossa).

No Episódio 18, os estudantes reconhecem a dificuldade em aprender conceitos abstratos e veem nas imagens uma ferramenta que facilita as relações com seu aprendizado, com o concreto (uma representação didática), e que, portanto, pode estimular a atividade reprodutiva e criativa do conhecimento escolar.

As relações com um conhecimento anteriormente possuído dirigem a atenção e a memória do indivíduo, orientando sua percepção e facilitando a aprendizagem. Os mecanismos mediadores são internalizados e o indivíduo deixa de operar com signos externos, passando a usar as representações mentais, os conceitos, as imagens visuais, as palavras realizando atividades mais complexas, nas quais é capaz de controlar deliberadamente suas ações, através de recursos internalizados. Trata-se então de uma trama complexa implícita no processo de construção do conhecimento dos seres humanos (FREITAS, N., 2005, p. 112).

As diferentes explicações, contextos e situações vão constituindo os estudantes, são co-participantes das (re)elaborações conceituais sobre simbologias, palavras e imagens. Com base em Vigotski e Bakhtin,

compreendemos que é na linguagem, na dialogicidade, nas negociações e tensões, nas interações entre diferentes vozes e contextos, que se promove o desenvolvimento de pensamentos e linguagens em nível submicroscópico. As palavras usadas pelos estudantes, ao longo das aulas, na regulação do professor, tendem a se tornar mais precisas, com significado e com a possibilidade de articulação com outros conceitos e contextos.

Acredita-se também que o uso diversificado de representações sobre o mesmo conteúdo/conceito/fenômeno, nas aulas, articulado a mediações relativas a modelos explicativos, pode potencializar a compreensão sobre uma situação em estudo, ajudando a evitar obstáculos como o realismo. Assim, supõe-se que, ao usar apenas uma figura representativa do modelo teórico de uma molécula, os estudantes tendem a limitar ou impossibilitar a sua compreensão conceitual. É importante que o professor leve em conta que as representações, por si só, podem se tornar obstáculos ao acesso de conceitos químicos. Os estudantes podem ficar presos àquela imagem, tomando-a por real, ou com percepções de que uma imagem ou representação refere-se ao único modo de explicar um fato ou fenômeno.

Ao considerar o exposto na categoria dos obstáculos e potencialidades das imagens, pode-se dizer que estas têm uma “força” nas explicações dos estudantes, o que pode induzir a erros na interpretação de fenômenos ou situações, pois, às vezes, a imagem que orientou a elaboração de uma resposta (oriunda de um contexto anterior) não possibilita a interpretação coerente de outra situação ou problema, acarretando, assim, obstáculos ou deturpações conceituais. É preciso, muitas vezes, superar a imagem que inicialmente veio à memória ou reconstruí-la, selecionando informações, percebendo seus limites e potencialidades à explicação. Outras vezes, as imagens dão suporte para respostas satisfatórias, ainda que não se compreenda a totalidade dos elementos nela representados, ou permitem a elaboração de novos nexos conceituais, numa *atividade*<sup>37</sup> *criadora ou combinatória*, ao passo que

---

<sup>37</sup> “O conceito de *atividade* tem raízes no materialismo histórico-dialético de Karl Marx e está relacionado às bases materiais da existência. Refere-se à atividade especificamente humana, conscientemente orientada, que só se tornou possível no âmbito das relações sociais e emergiu na história dessas relações; é mediada por instrumentos e signos. Vigotski [...] realça o potencial gerador e transformador da atividade criadora, que possibilita ao homem planejar, projetar e construir suas próprias condições de existência” (SMOLKA, 2009, p. 11).

avança na *atividade reprodutiva* oriunda de experiências anteriores (VIGOTSKI, 2009).

Vigotski (2001, 2009) contribui na compreensão do aprendizado como um processo que se inicia pela apropriação de signos vazios de significado, até a incorporação de sentidos e significados mais consolidados (mas ainda em constante (re)elaboração conceitual). Explicações (verbais e visuais) quase vazias de significados podem ser percebidas, quando estudantes não têm argumentos suficientes para justificar afirmações e/ou suas representações (a exemplo dos Episódios 08, 12 e 14), pois as palavras não vêm ao pensamento e/ou são ligadas às interpretações típicas do modo de “ver” das aulas de Química. A imaginação, a atividade criativa humana, também assume um papel importante na elaboração conceitual:

Vigotski afirma que todos os elementos culturais são produtos da imaginação; nesse sentido, toda criação feita pela ‘mão’ humana carrega a historicidade das relações sociais incorporada em cada palavra, conceito, instrumento etc. A produção de conhecimentos pode ser entendida como trabalho intelectual dependente e, ao mesmo tempo, resultante dos elementos culturais transmitidos e transformados ao longo da história humana. Os conhecimentos são, dessa forma, resultados não (apenas?) de um processo de rupturas com a realidade, como afirma Bachelard, mas sim, de uma complexa/imbricada/entretecida relação com esta. Vigotski pesquisa as condições pelas quais estas relações são construídas e identifica, nos recursos culturais humanos, a sustentação para seus argumentos. Em seus estudos sobre o desenvolvimento cultural, aponta o caráter da mediação social como sendo o meio/mofo de nossa relação. Assim, toda relação é construída em termos de um processo interativo entre sujeitos e o mundo por meio de instrumentos culturais, meios artificiais que são criados e, ao mesmo tempo, criam as condições dessas interações (ANDRADE; SMOLKA, 2009, p. 259).

Ao se discutir os obstáculos epistemológicos evidenciados nas escritas, nas falas e/ou nas representações de estruturas submicroscópicas, não se quer, de forma alguma, condenar o uso de imagens, mas que o professor tenha consciência da necessária vigilância



às possíveis palavras e imagens com que anuncia ou trabalha com o estudante. Para a apropriação de conhecimentos científicos/químicos escolares, considera-se de fundamental importância a intervenção e a mediação didática estabelecida entre os professores e os estudantes no emprego de palavras e sentidos (de nível atômico-molecular) referentes às representações de partículas submicroscópicas. Afinal, elas se referem a um “objeto-modelo, ou seja, um objeto construído por um processo de idealização e esquematização, que faz ponte entre uma teoria e a realidade, mas que não é, de modo algum, a própria realidade” (SILVA, 2006, p. 81, com base em BUNGE).

### 6.3 A elaboração conceitual

A categoria visa, num primeiro momento, discutir sobre (I) a elaboração conceitual de simbologias, palavras e expressões químicas que circundam as representações de partículas submicroscópicas para, posteriormente, discutir, mais especificamente, sobre (II) a elaboração conceitual associada às imagens representativas de partículas submicroscópicas que constituem pensamentos e linguagens do conhecimento químico escolar.

Nos processos interativos, conforme o acompanhado nesta pesquisa, entende-se, com base em Giordan (2008, p. 296), que, “Via de regra, a fala é o principal meio empregado em sala de aula para mediar as situações de ensino, seguida pelos gestos, textos escritos, esquemas e outros elementos pertencentes aos diversos sistemas semióticos ao alcance do professor”. Na Química há uma variedade desses recursos, o uso da linguagem visual, as imagens (desenhos, fotografias, micrografias, representações de partículas submicroscópicas), simuladores, vídeos, etc. O contexto histórico e socialmente situado, as discussões, o discurso, o visual, os gestos, as expressões e os sons constituem os processos de elaboração conceitual em que estão envolvidos os estudantes e os professores (fora ou dentro da escola).

Ao buscar compreensões sobre a elaboração conceitual, Bakhtin, com os conceitos de enunciado, enunciado concreto e enunciação, permite entender sobre as limitações desta pesquisa, pois o *enunciado concreto* “nasce, vive e morre no processo da interação social entre os participantes da enunciação. Sua forma e significação são determinadas basicamente pela forma e caráter desta interação” (BRAIT; MELO, 2012, p. 68). Ao analisar os discursos, Bakhtin (2009) alerta à compreensão de que “o signo e a situação social em que se insere estão

indissolúvelmente ligados. O signo não pode ser separado da situação social sem ver alterada sua natureza semiótica” (p. 63). Entretanto, isso não impede a possibilidade de que, na análise microgenética, se indiquem os indícios de elaboração conceitual, mesmo que se saiba da perda da situação social como um todo, ou que os significados estão em permanente reelaboração nas interações sociais (VIGOTSKI, 2001), nas enunciações anteriores e posteriores às propiciadas ao contexto escolar e que as diferentes linguagens são demarcadas pela “presença de sujeito e de história na existência de um enunciado concreto” (BRAIT; MELO, 2012, p. 68).

Portanto, os episódios (as transcrições apresentadas) e a *análise microgenética* (GÓES, 2000) do material em análise não possibilitam o acesso sobre a totalidade dos efeitos e sentidos envolvidos nas elaborações em construção dos sujeitos, o que implica em limites com relação às afirmações sobre a elaboração conceitual dos estudantes. Afinal, não temos acesso ao pensamento dos estudantes e o discurso do Outro não é transparente quanto aos seus significados originais. Nesse sentido, busca-se frisar discussões que envolvam o processo de ensino e de aprendizagem, por considerá-las importantes às interlocuções que os professores podem estabelecer com seus estudantes, conhecendo e refletindo melhor acerca dos processos de mediação, apropriação e (re)construção de conhecimentos científicos escolares.

### **6.3.1 Simbologias, palavras e expressões químicas que circundam as representações de partículas submicroscópicas**

Durante as aulas, PP preocupa-se com os momentos de (re)significação de simbologias como (g), (l),  $\text{CO}_2(\text{g})$ ,  $\text{N}_2(\text{g})$  e  $\text{O}_2(\text{g})$ , assim como de palavras ou expressões - como Ar poluído, Ar não poluído, solução gasosa, concentração, substância, molécula e átomo - ao inserir, explicar e retomar o significado das mesmas, desenvolvendo problematizações e retomando discussões, etc. Os estudantes, principalmente do 1º ano, em diversos momentos das aulas, questionam explicações que envolvem simbologias e palavras e/ou demonstram incompreensões frente aos seus significados, mesmo que estes já tenham sido usados e trabalhados em outros anos escolares ou na própria discussão desenvolvida por PP, nas aulas. O módulo de ensino trabalhado em sala de aula envolve compreensões sobre diferentes porções de Ar, portanto, os conceitos recém-expressos são fundamentais para entender, sob o ponto de vista químico, diferentes situações

vivenciais, como a constituição e as transformações químicas envolvendo a matéria (no Ar, água, solo). Compreende-se também que a superficialidade nesses conceitos pode gerar obstáculos relacionados ao modo de interpretar distintas porções de Ar atmosférico, já que integram e contribuem no modo de representar ou explicar diferentes porções de Ar.

Com o objetivo de trazer à tona a dificuldade de significação conceitual envolvendo a interpretação de simbologias químicas, segue o Episódio 19 (turma do 1º ano, aula 01) no qual, após questionamentos sobre a constituição do Ar, PP busca inserir e significar a linguagem específica da química:

### **Episódio 19: a necessidade da iniciação à linguagem Química**

47. PP: E do que ele [o Ar] é constituído? [vai ao quadro e lê palavras citadas pelos estudantes referentes a composição do Ar que se respira]. Ele tem gás carbônico, oxigênio, água, o hidrogênio não existe muito na atmosfera. O que existe mais é o nitrogênio [palavra não citada pelos alunos]. O que eu tenho é o gás nitrogênio, ele está no estado gasoso, a gente representa ele como  $N_2$  [escreve no quadro: " $N_2(g)$ "]. [...]

49. PP: g de estado gasoso [escreve no quadro: "(g) – gasoso"]. Pessoal, o que vocês vão ver nas aulas de química vai ser isso. Vai ter a substância [aponta para  $N_2$ ] e vai ter o estado gasoso [aponta para (g)]. G para gasoso, l para líquido [escreve: "(l) – líquido"]

50. Ax: Ele sempre aparece entre parêntese ou pode aparecer diferente?

As interlocuções retratam uma deficiência conceitual por parte dos estudantes ao compreender simbologias específicas da ciência Química, pois esqueceram ou não consolidaram o significado de "(g)", uma forma simbólica de representar a fase gasosa das substâncias. Embora as simbologias (g), (l) e (s) integrem amplamente as aulas e livros didáticos de Ciências (do ensino fundamental) e de Química, e que os estudantes já tenham se deparado com diversos textos e/ou explicações com similar uso e significado, percebe-se que as simbologias não parecem ter sido apropriadas apenas pela visualização, necessitando também da mediação para a elaboração conceitual desse tipo de linguagem. Isso se torna evidente devido aos muitos questionamentos durante as aulas sobre o significado de simbologias por parte de outros estudantes, inclusive, na mesma turma.

Outro aspecto a ser destacado do Episódio refere-se à apropriação de determinadas palavras específicas da Ciência, a exemplo de "gás carbônico, oxigênio e hidrogênio", que além de permearem o discurso na comunidade científica e escolar, também permeiam os discursos

mediáticos, sendo usados pelos estudantes. Ainda que, por exemplo, o “hidrogênio” referido pelos alunos ou professor, ou melhor, o hidrogênio ionizado (forma como ele se encontra na atmosfera), não seja um constituinte presente em uma concentração significativa numa porção de Ar, ele é um elemento químico que compõem substâncias presentes significativamente na atmosfera, na hidrosfera e na litosfera. PP busca problematizar a palavra hidrogênio, ainda que de modo superficial, e aproveita para inserir outra substância não mencionada pelos estudantes, o “nitrogênio”, ou melhor, o “gás nitrogênio”, como ele próprio se corrige, visto que, ao usar a palavra nitrogênio, os estudantes podem associá-la ao elemento químico nitrogênio e não a substância que é presente na atmosfera - o gás nitrogênio (dinitrogênio ou nitrogênio molecular).

Se para a teoria sociocultural do desenvolvimento humano a fala é a principal ferramenta cultural para a construção do pensamento, na sala de aula ela é o principal instrumento de organização das atividades de ensino, não apenas para mediá-las, mas fundamentalmente por servir de instrumento para a constituição do pensamento. Então, a fala, por ser o principal mediador, é também a principal ferramenta para estruturar e constituir as atividades de ensino. (GIORDAN, 2008, p. 302).

A fala permeia uma série de atividades desenvolvidas no estudo da temática, as explicações de esquemas, as simbologias e as imagens, responsáveis por instrumentalizar o pensamento. São ferramentas que constituem o pensamento químico, incorporando-se ao pensamento, às linguagens e às ações, ainda que não possam ser desprendidas do contexto da formação de cada sujeito, das tensões e negociações promovidas nas interações sociais. “Bakhtin entende que o sentido de uma palavra é dado pelo contexto nas condições de uma enunciação concreta” (FREITAS, 2005, p. 311), ou seja, no contexto escolar permeado pela mediação dos signos, por discursos e representações, negociações e relações de poder, entonações e gestos que permeiam o PP e os estudantes envolvidos nas interlocuções.

“A palavra é um signo. Esse signo pode ser usado e aplicado de diferentes maneiras. Pode servir como meio para diferentes operações intelectuais” (VIGOTSKI, 2001, p. 227):

Ao longo do processo de desenvolvimento, o indivíduo deixa de necessitar marcas externas e passa a utilizar signos internos, que constituem as

representações mentais, e que substituem os objetos do mundo real. Os signos internalizados são como marcas exteriores, elementos que representam objetos, eventos, situações. O homem é capaz de operar mentalmente sobre o mundo: planejar, estabelecer relações, compreender, associar. A capacidade de lidar com representações que substituem o real possibilita ao homem libertar-se do espaço e do tempo presentes, efetuar relações mentais na ausência das coisas, imaginar e planejar intencionalmente. (FREITAS, 2005, p. 111).

Os homens criam e apropriam-se de signos, de palavras que representam objetos que constituem o pensamento, a exemplo das representações de modelo atômico ou de uma substância. Tal compreensão, aliada ao que expressa Silva (2006), indica a necessidade de o professor trabalhar explicitamente o significado dos signos que envolvem as imagens ou os termos usados na Química, bem como a relação que tais signos mantêm com a realidade observada por parte dos estudantes, evitando, assim, deturpações no acesso ao conhecimento químico escolar e aproximando o representado do seu referente.

Indícios de nexos e relações conceituais são perceptíveis e recorrentes na fala dos estudantes, como a dificuldade em entender a diferença entre uma porção de Ar poluído e uma porção de Ar não poluído. Embora as explicações, no discurso dos sujeitos durante as aulas, parecessem dotadas de significados pelos estudantes, a elaboração conceitual sobre aspectos químicos envolvidos na compreensão sobre o Ar atmosférico, em diversos momentos, foi insuficiente sob o ponto de vista da linguagem química, a exemplo do conceito de concentração abordado com base nas duas soluções gasosas em discussão (porção de Ar poluído e porção de Ar não poluído) no Episódio 20 (Turma 01, aula 01).

**Episódio 20: Indícios de um (precário?) processo de elaboração conceitual**

67. PP: Então, essas partículas, essas moléculas aqui [referindo-se às partículas já representadas no quadro:  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ] também vão estar no ar não poluído [...]. O que acontece num ar poluído é que aqui [apontando para o


círculo com porção de Ar poluído, à esquerda]:



tem mais gás carbônico, tem mais monóxido de carbono...

68. A1: É. Em quantidades diferentes né.

69. PP: São quantidades diferentes, são concentrações diferentes dessas partículas. Tem ozônio também aqui na troposfera, que é onde a gente respira, que também é um poluente. Então, a gente pode representar aqui [na porção de Ar poluído] mais partículas de gás carbônico [PP representa mais uma molécula] do que representaria aqui [na porção de Ar não poluído, à direita], porque é o Ar não poluído. Além dessas partículas aqui, eu também poderia representar os aglomerados que eu falei antes, que são essas partículas maiores que nós enxergamos, que são poeira, que são fuligem, é..., o que mais? Areia, pois a gente está num lugar de bastante praia, então, pó, areia. Então, a gente representaria como aglomerados. Cada pontinho desse [refere-se aos vários círculos pequenos na porção de ar poluído que representa o material

particulado: ] poderia representar uma substância diferente que tá lá nesse aglomerado, porque o aglomerado é algo bem maior do que esse aqui né [PP compara com a representação da molécula de gás nitrogênio]. Então, eu tenho que representar isso como algo bem maior do que essas partículas aqui... E no ar não poluído ((são)) esses aglomerados, essas partículas que causam problemas respiratórios, causam alergia. Elas estariam presentes.

70. Alunos: xxx [inaudível] o Ar poluído tem coisas xxx [inaudível] diferente que no ar não poluído...

71. PP: Tem, tem também. No ar poluído, o que que muda? É apenas a concentração de algumas substâncias. No ar poluído o que tem mais? Gás carbônico, mais monóxido de carbono, que é outro poluente que eu vou escrever aqui, e a gente representa como CO [PP escreve no quadro “monóxido de carbono – CO (g)”, além de desenhar duas bolinhas ao lado da fórmula e iniciar a representação das partículas na porção de Ar referente ao Ar poluído]. Então, aqui [referindo-se à porção de ar não poluído], também essas partículas estão presentes [começa a representar as partículas na porção de ar não poluído].

72. A1: Professor, os dois ares tem isso, mas principalmente são as quantidades que mudam, né?
73. PP: A quantidade que muda. Por que é considerado poluído, então?
74. A1: Porque tem mais óxido, dióxido de carbono, tem mais nitrogênio, maior concentração.
75. PP: Tem maior concentração de algumas substâncias que vão causar prejuízo ao nosso organismo...
76. A4: É, porque não é por ter mais oxigênio, vai ter mais dióxido de carbono e nitrogênio. São só algumas né, não todas.
77. PP: Não. Então, eu tenho maior concentração...
78. A1: ... maior concentração de substâncias...
79. PP: ... de algumas substâncias que vão causar prejuízo ao nosso organismo. E esse ar é considerado poluído. E não existe só poluição por causa dessas partículas aqui né. Existe poluição, inclusive, da radiação.
80. Ax: Ah! Isso eu ia falar. Eu ia falar mesmo! [fala em tom irônico]

Desde a primeira interlocução, PP aproveita a fala dos estudantes para explorar o uso de palavras que se aproximam da linguagem química: concentração, substâncias, material particulado, CO(g), etc. A estudante A1, no turno 68, percebe a distinção entre uma porção de Ar poluída e não poluída, ao concordar com o discurso de PP, ainda que em tom interrogativo, acerca da associação de diferentes concentrações de substâncias, empregando a palavra “*quantidade*”. PP aproxima a palavra “quantidade”, usada no cotidiano pelos estudantes, à palavra “concentração”, comumente empregada nas aulas de Química (turno 69), sem desconsiderar a relação estabelecida pela aluna, mas com a intenção didática de construir significados sobre a palavra/conceito concentração que contribui na resolução de problemas associados à constituição e à poluição do Ar. No turno 72, a mesma estudante parece sentir a necessidade de reafirmar a compreensão e o questionamento anterior, reelaborando o significado anterior, talvez, pelos questionamentos dos próprios colegas e pelo discurso do professor, após algumas explicações sobre a constituição nas diferentes porções de Ar: “*Professor, os dois ares tem isso, mas principalmente são as quantidades que mudam, né?*”, o que denota um esforço de manter o pensamento coerente com o discurso de PP. Afinal, cientes de que as perguntas movem a necessidade de conhecer, “o que move o sujeito para a aprendizagem é a falta” (RAMOS, 2008, p. 62), a necessidade de resolver problemas (GEHLEN, 2009). Nos turnos 70 e 76, os questionamentos foram semelhantes, feitos, contudo, por estudantes diferentes, o que denota momentos distintos de problematização sobre a temática a ser elucidada sob a perspectiva do conhecimento químico.

Parece que as explicações anteriores não tiveram a “força”, ao menos para esses estudantes, de subsidiar a compreensão envolvendo a concentração de substâncias que constituem as porções de Ar.

O fato de PP representar distintas porções de Ar no quadro pode ter contribuído com as associações e os questionamentos dos estudantes, visto que eles tiveram tempo e espaço para fazer associações que, talvez, se as representações fossem apenas projetadas pelo professor ou mostradas em um livro didático, poderiam não surtir em questionamentos presentes no episódio, em vista de sua *carga cognitiva alta* (COUTINHO et al., 2010, p. 2, com base em SWELLER e MAYER), como já discutido. A elevada carga cognitiva se origina das informações conceituais de imagens que representam partículas submicroscópicas, demandando, por parte do professor, explicações detalhadas devido à sua não transparência (da Ciência/Química e sobre a Ciência).

Ainda nos turnos 74 e 78, cabe destacar que A1 faz uma afirmação coerente com as explicações que vinham sendo desenvolvidas, utilizando-se, porém, da palavra “concentração”, diferentemente dos turnos 69 e 72, em que A1 usa a palavra “quantidade”, mais próxima da linguagem cotidiana. Os sentidos empregados para a explicação são adequados ao conceito de concentração e às distintas soluções gasosas em estudo, como era de se esperar, cada vez mais, no decorrer das aulas. No entanto, cabe ressaltar que, ao coincidir a palavra da estudante com a do professor em seu referencial e sentido, a palavra pode “não coincidir com o significado” (VIGOTSKI, 2001, p. 212). Entretanto, trata-se de um indício de elaboração conceitual. No ensino de Química, as interlocuções propiciadas por estudantes e professores são fundamentais para os agrupamentos de sentido que conjecturam o significado dado aos signos, o qual se modifica permanentemente na intersubjetividade, inclusive, nas interações fora da escola.

No contexto escola, segundo Maldaner e Zanon (2004),

A interação com o outro permite a significação das palavras ou dos conceitos, que então evoluem, atingindo níveis sempre mais elevados em direção à abstração e a um pensamento sempre mais de acordo com o pensamento da Ciência que se deseja desenvolver. O uso inicial da palavra pelo aprendente significa, apenas, conforme Vigotski, que o conceito pode começar a evoluir, dependendo das interações que daí por diante acontecerem (pp. 56-57).



Assim, apoiado em Vigotski (2001, 2007), assume-se que, à medida que o estudante se apropria e usa as palavras expressando sentidos, ele os (re)significa, elas passam a fazer parte de sua estrutura de pensamento, ampliando e consolidando conceitos, a exemplo do termo “*concentração*” usado por A1. Na escola, o professor deve-se manter vigilante aos sentidos daquelas palavras que possuem significados construídos no âmbito da comunidade científica. Retomadas em outros momentos e contextos, e conceitualmente reguladas pelo professor, as palavras estão sujeitas a novos sentidos e nexos conceituais, ampliando o significado e potencializando o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, o que permite ao estudante, por exemplo, novas possibilidades de interpretar, agir e resolver problemas que envolvam a memória, a abstração, a sistematização e a generalização de conceitos.

Ao analisar o episódio, percebe-se que os estudantes perguntam diversas vezes sobre aspectos semelhantes, embora tenha havido explicações anteriores sobre as mesmas perguntas (realizadas por diferentes estudantes) ou situações. Isso se deve à falta de concentração e atenção dos estudantes nas aulas? Não houve interesse e consciência sobre a necessidade de conhecer sobre a Temática a ponto de estudá-la? Houve dificuldade de compreensão acerca da linguagem usada pelo professor? Essas questões são também hipóteses, visto que as afirmações sobre as motivações, relações e elaborações conceituais estabelecidas pelos estudantes não são alcançáveis em sua plenitude pelo PP, mas se baseiam em referenciais teóricos, como os explicitados nesta pesquisa.

Um dos autores que possibilita uma compreensão maior sobre o desenvolvimento cognitivo é Leontiev (1978), cuja teoria da atividade, que pode ser considerada um desdobramento dos postulados vigotskianos, discute a relação homem-mundo como uma construção histórica e mediada por instrumentos. A teoria merece futuras discussões, com intuito de melhor compreender seu potencial para a pesquisa em educação (DUARTE, 2002). Segundo Oliveira (1993, p. 96):

As atividades humanas são consideradas por Leontiev, como formas de relação do homem com o mundo, dirigidas por motivos, por fins a serem alcançados. A idéia de atividade envolve a noção de que o homem orienta-se por objetivos, agindo de forma intencional, por meio de ações planejadas. A capacidade de conscientemente

formular e perseguir objetivos é um traço que distingue o homem dos outros animais.

O estudante aprende quando tem objetivos a serem alcançados. O professor pode lhe proporcionar novas necessidades e novos objetivos. Portanto, a interação sociocultural é fundamental para constituir ações, conhecimentos e formas próprias de entender o mundo: como as que envolvem o conhecimento químico. Tais discussões remetem para a importância da problematização, de gerar a necessidade do conhecimento novo, a compreensão do problema como gênese do conhecimento, ao “processo de construção de fenômenos psicológicos ao longo do desenvolvimento humano” (OLIVEIRA, 1993, p. 56).

Outro exemplo a ser citado, sobre questionamentos recorrentes feitos pelos estudantes em distintos momentos da aula diz respeito ao momento da resolução de exercícios e da avaliação (Questionário III). Seguidamente eles perguntavam se a prova poderia ser a lápis. Apesar de ter respondido todas as vezes, PP parece não ter sido ouvido pela desatenção e/ou pela não necessidade de tal informação, etc. No momento em que o estudante precisou decidir entre fazer a prova a lápis ou a caneta, percebe-se a necessidade do questionamento ao PP, pois ele tinha que resolver um problema: os estudantes poderiam ou não fazer a avaliação a lápis ou a caneta. Durante a avaliação era perceptível também o quanto os alunos sentiram a necessidade de conhecer determinados signos para resolver as questões da mesma, a exemplo da palavra “submicroscópico”. Nas aulas, os estudantes pareciam ter compreendido o seu significado, pois ela foi usada e explicada várias vezes sem questionamentos: não sentiram a necessidade de saber o significado de “submicroscópico”. Na avaliação (Questionário III), a palavra parece ter gerado insegurança e erro por parte de alguns estudantes, pois houve a necessidade da aplicação de um conhecimento novo, do emprego adequado da palavra submicroscópico. Portanto, na avaliação, a aplicação do conhecimento (que pode ser uma atividade em grupo, resolução de problema, exercício, etc.) tornou-se potencializadora da apropriação da palavra, do estabelecimento de novos conhecimentos e relações conceituais à luz do conhecimento químico escolar.

Nos processos de recontextualização didática, o professor exerce um papel essencial na aprendizagem dos estudantes ao estabelecer relações entre as zonas de desenvolvimento real e proximal (VIGOTSKI, 2001), bem como na retomada de relação entre os conceitos no processo de desenvolvimento cognitivo. Nesse processo,

mobilizar nos estudantes a necessidade de novos conhecimentos, com questionamentos e problematizações envolvendo a temática em estudo, funciona como gênese para o desenvolvimento do conhecimento escolar (no caso das aulas de Química, a necessidade do pensamento em nível submicroscópico). Segundo Vigotski (2001, p. 237): “A formação dos conceitos surge sempre no processo de solução de algum problema que se coloca para o pensamento do adolescente. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito”.

Gehlen (2009), com base nos escritos de Vigotski e Leontiev, afirma que “não é qualquer problema que vai contribuir na organização de práticas educativas eficazes, mas sim um problema que envolva ações planejadas, intencionais e diretivas” (p. 33). Ao perceber interesse na temática em estudo (previamente planejada, intencionada e direcionada), via relatos e questionamentos por parte dos estudantes, há indícios de que eles têm como objetivo internalizar conhecimentos químicos que permitem melhor entender a realidade que se quer conhecer, ao usar os signos como instrumentos da atividade psicológica.

Durante essa necessidade de resolver um problema, houve a demanda por conhecimento novo, ainda que em um nível de significação precária (do Episódio 20). Na atividade avaliativa tornaram-se fundamentais pensamentos e explicações que consideram a existência de partículas submicroscópicas, para a interpretação das questões, visto que as explicações amparadas nas percepções sensoriais não eram suficientes para resolver o problema.

Outro aspecto presente nas interlocuções do Episódio (e nas aulas), e que merece ser ressaltado, diz respeito às problematizações de representações, presentes na fala e nos escritos dos estudantes, com o intuito de avançar nos modos de explicação (verbais e visuais) sobre distintas porções de Ar (poluído e não poluído). Por exemplo, PP representa as substâncias de forma simbólica (“*monóxido de carbono – CO(g)*”) com “bolinhas” para cada um de seus átomos, ampliando a percepção sobre os constituintes do Ar e os modos de representação usados nas aulas de Química. Essas estratégias permitem a inserção, por parte dos estudantes, ao conhecimento químico escolar (LOPES, 1999).

No episódio, turno 74 e 76, o “*nitrogênio*” foi colocado numa classe de “substâncias ruins”, poluentes, juntamente com o dióxido de carbono. Essa compreensão se fez recorrente em várias aulas, mesmo que as tabelas com informações sobre constituintes do Ar, as representações de porções de Ar e as explicações do professor conduzissem a sentidos contrários ao expresso por alguns estudantes. No episódio apresentado, o foco das discussões visava entender a

diferença entre Ar poluído e Ar não poluído, mas em outros momentos da aula essa percepção parece ter sido superada na fala de estudantes.

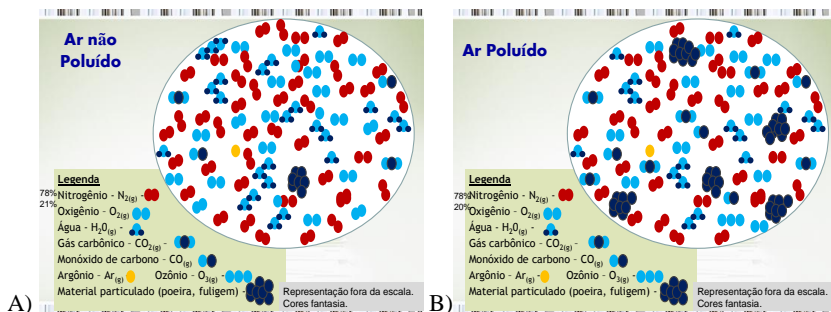
Durante as aulas se percebeu o uso de termos químicos diferentes para o mesmo objeto, a exemplo do gás oxigênio citado pelo PP: usaram-se as palavras molécula, substância ou partícula, o que pode gerar certos estranhamentos na interpretação das situações em estudo durante a aula. Em coerência com a não transparência das/nas explicações, destaca-se que, em aulas posteriores, PP ressaltou a diferença entre a molécula e a substância, com o objetivo de evitar o obstáculo substancialista, mas essa relação não foi feita com a palavra “partícula”, que se trata de um termo químico mais genérico (engloba desde partículas subatômicas a material particulado).

Percebe-se ao longo das transcrições das aulas que PP se utilizou do plural “*a gente*” e “*nós*” para referir-se a algumas explicações, o que denota uma preocupação em remeter a palavra ou a explicação para uma comunidade específica de pesquisadores, um conhecimento produzido em outro contexto cultural: o da comunidade científica, a exemplo do turno 71: “*monóxido de carbono, que é outro poluente que eu vou escrever aqui, e a gente representa como CO*”. PP não fala sozinho. Ele compartilha um discurso, busca legitimar sua fala em explicações oriundas de uma comunidade científica, de educadores químicos (como as discussões desenvolvidas a partir do Episódio 01).

No turno 69 do Episódio, PP diferencia as partículas moleculares ou submicroscópicas (gás carbônico, gás nitrogênio) das partículas macroscópicas (poeira, fuligem, areia). Inclusive, nas primeiras vezes em que usou a palavra macroscópico, no intuito de distingui-la do conceito de submicroscópico e estabelecer relações com situações cotidianas (o Ar presente na sala de aula), uma das estudantes, instantaneamente, fez a associação, indicando com as mãos as partículas suspensas no Ar, as quais eram visíveis na luz do projetor multimídia ligado em sala de aula. Esses elementos (associados aos anteriores) são propulsores de elaborações conceituais por parte dos estudantes, contribuindo na interpretação de uma situação complexa, como a “Poluição do Ar: o Ar que respiramos”.

Ao representar e distinguir uma porção de Ar poluído e não poluído, numa situação ideal (como muitas das explicações desenvolvidas nas aulas de Química), PP poderia representar uma porção de Ar não poluído descartando qualquer substância indicadora de poluição, como o material particulado, CO(g), CO<sub>2</sub>(g), etc. Tal situação poderia ser assimilada mais facilmente pelos estudantes, por carregar menos elementos representados em uma das porções de Ar. No entanto,

numa situação cotidiana, a exemplo do “Ar puro” ou “Ar não poluído” que é anunciado na mídia, essa idealização pouco contribuiria para a explicação de situações vivenciais, tendo em vista a complexidade do real. Dessa forma, PP preferiu desenvolver explicações a partir de situações que correspondessem a uma realidade passível de aplicação na compreensão da constituição do Ar (vinculada ao cotidiano), conforme as representações da Figura 5, que consideram dimensões macro (material particulado e vapor d’água) e submicroscópicas de algumas das partículas constituintes do Ar (gás nitrogênio, gás oxigênio, etc.).



**Figura 5: Representações (A) de uma porção de Ar não poluído e (B) de uma porção de Ar poluído elaboradas pelo PP.**

Os estudantes demonstraram dificuldade em entender a concentração de substâncias num ambiente poluído e não poluído, mesmo quando colocada em porcentagem (%) e com as representações de porção de Ar elaboradas por PP e apresentadas na aula 03, nas turmas do 1º e 2º anos. Nas aulas era perceptível, em diferentes espaços e tempos de aprendizagem, falas (de diferentes sujeitos) recorrentes acerca de questionamentos e explicações que já tinham sido desenvolvidos em aulas anteriores, como os expostos no Episódio 20. O processo de internalização, típico dos processos de elaboração conceitual, consiste em permanentes transformações:

a) Uma operação que inicialmente representa uma atividade externa é reconstruída e começa a ocorrer internamente. [...] b) Um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal. [...] c) A transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de eventos ocorrido ao longo do desenvolvimento. (VIGOTSKI, 2007, pp. 57-58).

Resumidamente, pode-se dizer que a internalização refere-se à “reconstrução interna de uma operação externa” (VIGOTSKI, 2007, p. 56), ainda que se conheça “apenas um esboço desse processo” (p. 58). Segundo Andrade (2010, p. 96), “a elaboração conceitual, no espaço da significação e da linguagem em funcionamento” resulta de um processo de “composição complexa e original constituída enquanto (re)construção semiótica/simbólica do mundo. A elaboração conceitual, nesses termos, condensa a significação de tudo que se expressa e que se apaga, daquilo que se escolhe e que se abandona, daquilo que orienta e que prospecta” (p. 96).

A elaboração de conceitos químicos, por parte dos estudantes, depende da mediação de um *outro mais experiente* (professor, colegas, etc.), de processos de negociação e decodificação dos signos, de linguagens empregadas nas aulas (NOGUEIRA, 1993), que propiciam internalizações e produções de sentidos aos signos estudados em aula, nas interações e relações de ensino, desde que haja o envolvimento com um problema a ser conhecido. O professor, agente mediador dos conceitos científicos que se pretendem ensinar, ora se depara com conceitos espontâneos que estão em contramão aos conceitos científicos ora com novas estruturas conceituais que precisam ser construídas e vinculadas aos conceitos já existentes.

Ainda que rupturas e obstáculos (nos termos bachelardianos) não sejam permanentes/definitivas no complexo processo de elaboração conceitual, quando o professor identifica explicações verbais e/ou visuais em contramão ao conceito científico, ele pode problematizá-las, a fim de possibilitar um novo olhar sobre a realidade. Segundo Vigotski (2005), na elaboração de conceitos escolares, ocorrem os movimentos ascendentes e descendentes entre os conceitos cotidianos (espontâneos) e os científicos. É importante a compreensão de que tais rupturas, ao modo de ver e agir, sejam compreendidas como reelaborações abertas e provisórias, suscetíveis a interferências do contexto sociocultural, o que inclui a educação informal (família, bairro, clube, amigos, etc.) e não-formal (museus, centros de ciências, etc.).

Bakhtin (1997), a partir do conceito de *gênero de discurso*, permite entender essas vozes em movimento, estas que só podem ser compreendidas em determinados contextos nas quais são enunciadas como produtos da relação social:

cada esfera de utilização da língua elabora seus *tipos relativamente estáveis* de enunciados, sendo isso que denominamos *gêneros do discurso*. A riqueza e a variedade dos gêneros do discurso são

infinitas, pois a variedade virtual da atividade humana é inesgotável, e cada esfera dessa atividade comporta um repertório de gêneros do discurso que vai diferenciando-se e ampliando-se à medida que a própria esfera se desenvolve e fica mais complexa. (p. 279).

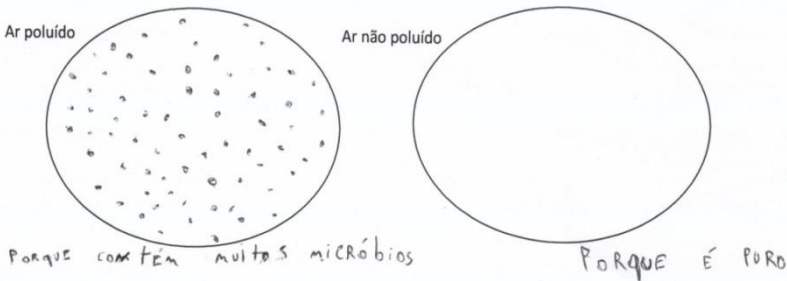
Levando em consideração os pressupostos de Bakhtin (1997), compreende-se a multiplicidade de vozes que constituem e (trans)formam os estudantes, os quais se deparam com determinados gêneros que possuem “padrões comunicativos que socialmente utilizados funcionam com uma espécie de modelos comunicativos globais que representam em conhecimento social localizado em situação concreta” (ALMEIDA; GIORDAN, 2012, p. 244). As diferentes esferas culturais caracterizam os diferentes modos de conhecer e explicar a realidade. Esses “gêneros não são conservadores, mas estão em contínua transformação no mesmo instante em que buscam garantir uma certa estabilização” (*idem*, p. 244).

É possível entender, com base em Bakhtin, que o gênero que permeou as aulas, na temática em estudo, era constituído por contextos e linguagens específicas, pela fala, escrita, gestos, imagens (representações) em que se pretendia que determinados conceitos fossem internalizados, mesmo ciente da multiplicidade de discursos que configuram as vozes dos sujeitos. Estudantes e professor, na sala de aula, envolvem-se em uma trama marcada por jogos de poder (de autoridade), de padrões discursivos que permeiam tradicionalmente o ensino de ciências, a IRA (Iniciação do professor, Resposta do aluno, Avaliação do professor), ainda que outros padrões também possam ser observados, como os *feedbacks* do professor ou a continuação da fala dos alunos, a exemplo do que discute Mortimer e Scott (2002).

Ao pensar a apropriação de termos químicos, cabe apresentar e discutir um dos episódios representativos (aula 02, turma do 2º ano) em que se comentava acerca dos sentidos atribuídos às expressões “Ar puro” e “Ar poluído”, a partir de representações e escritas realizadas pelos estudantes (Questionário I) numa aula anterior.

**Episódio 21: A necessidade de atribuição de significado a termos químicos**

1) Com aquilo que você já aprendeu em Ciências e Química, represente (*desenhando nos círculos abaixo*) uma porção de ar que você considera poluído e uma porção de Ar que você considera adequado para respirar. **Explique as suas representações.**



316. PP: [...] Aqui [aponta para as representações], por exemplo, o A2 colocou que tem micróbios, ((que)) também pode ser considerado uma poluição do ar, porque quando os micróbios estão presentes no ar pode acabar acarretando alguns problemas respiratórios que aceleram o mal-estar e etc. O que será que é um ar puro?

317. Ax: Sem poluição.

318. PP: Hum, sem poluição. O que, que tem de diferente de um ar puro de um não puro?

319. A4: Ah, uns têm fumaça, têm bactérias.

320. P1: Me veio uma pergunta na cabeça agora, não sei se você já não pesquisou. Qual que é um dos lugar mais puros no Brasil, não sei se tu já se fez essa pergunta para ti.

321. PP: Aqui [aponta para os *slides*, onde fez a pesquisa dos lugares mais poluídos] eles falam muito do mais poluído, do mais puro eu não sei, nunca pesquisei.

322. A4: Tu vai ter aula com a gente na próxima, aí tu pesquisa.

323. P1: Eu não digo mais puro, menos poluído, talvez. Digamos assim, menos poluído.

324. PP: Menos poluído, porque o menos poluído... deve existir vários lugares que são menos poluídos, possivelmente é um ar que esteja numa região que tenha mata.

325. P1: Nas montanhas.

326. A3: Madagascar?

327. PP: Nas montanhas daí, eu não sei, porque nas montanhas tem menos oxigênio. Aí, se eu considerar que o ar puro precisa ter oxigênio, aí já não serve, mas se eu pensar talvez na constituição das partículas de poluição como gás carbônico, de metano, de ozônio, que são poluentes nessa camada mais baixa ((da atmosfera)), aí pode ser que as montanhas sejam um lugar mais ou menos poluído.

328. P1: Se a gente for pensar em aprofundar, tem um monte de questões que a gente pode pesquisar.



A turma do 2º ano, assim como a turma do 1º, também manifestou dificuldades em compreender o conceito de concentração e os termos “Ar poluído” e “Ar não poluído”, os quais geraram problematizações, inclusive, ao próprio PP, quando se busca entender o que pode ser chamado de “Ar puro”.

Ao buscar respostas aos questionamentos dos estudantes, PP elaborou explicações reestruturadas, pois não havia pensado sobre determinadas situações. Assim procurou não definir sua resposta ou a dos estudantes como adequada, pois há a necessidade de critérios para definir um “Ar puro” ou “sem poluição”. A problematização gera uma pesquisa realizada pelo PP sobre os lugares menos poluídos, apresentados aos alunos na aula 03. Interessante resgatar a fala de uma aluna, na aula 03, quando ela, no momento em que PP apresentava os lugares menos poluídos, se demonstrou insatisfeita ao saber dos lugares “*mais limpos*”, questionando “*quais foram os indicadores*” utilizados, o que representa uma visão crítica sobre situações expressas durante as aulas, conforme PP havia indicado de forma implícita no Episódio 21: “*se eu considerar que o ar puro precisa ter oxigênio, aí já não serve, mas se eu pensar talvez na constituição das partículas de poluição como gás carbônico, de metano, de ozônio*” (turno 327).

No estudo da temática foram recorrentes as associações com situações vivenciadas pelos estudantes (meios de comunicação e contexto cotidiano), a exemplo do filme *Madagascar*, bem como o uso do senso comum do professor ao associar um Ar não poluído com matas ou montanhas, criando uma hipótese de resposta. Na constituição do Ar poluído, os estudantes prenderam-se, especialmente no Questionário I (Aula 01), ao nível macroscópico. No caso, A4 associou poluição com ambientes que “*têm fumaça, têm bactérias*” (turno 319), enquanto na representação de A2, o Ar poluído “*contém muitos micróbios*” (representados pelo estudante) e o Ar não poluído “*é puro*”, não sendo representadas as partículas submicroscópicas.

Para além do conhecimento químico, PP utilizou-se também de conhecimentos oriundos de distintos meios de comunicação, com a pretensão de associá-lo à constituição de diferentes porções de Ar, porções de Ar com diferentes concentrações de substâncias e/ou material particulado. Trata-se de relações fundamentais para o entendimento acerca do que é a poluição, e a diferença entre um Ar poluído e um Ar “*puro*” ou “*menos poluído*”, como ressalta P1. A palavra “puro” pode levar a um obstáculo do senso comum, pois carrega, sob a perspectiva do conhecimento cotidiano, um sentido incoerente frente aos significados elaborados na comunidade científica,

sendo imprescindível sua recontextualização, a mediação didática (LOPES, 1999) para as aulas de Química. Há a necessidade de atribuição de significados a termos químicos. Entretanto, cabe a compreensão de que “os significados das palavras evoluem. Quando uma palavra nova, ligada a um determinado significado, é apreendida pela criança, o seu desenvolvimento está apenas começando” (VIGOTSKI, 2001, p. 246).

No decorrer das aulas, embora possa parecer evidente a compreensão dos estudantes sobre a diferença entre um Ar poluído e não poluído, novas relações e conexões continuavam sendo estabelecidas no contexto escolar e fora dele, para a explicação, ação ou compreensão de alguma nova situação. Nessa linha de pensamento, torna-se relevante diferenciar aprendizagem e desenvolvimento do homem:

o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. [...] aprendizado não é desenvolvimento; entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas. [...] o processo de desenvolvimento progride de forma mais lenta e atrás do processo de aprendizado; desta seqüenciação resultam, então, as zonas de desenvolvimento proximal. Nossa análise modifica a visão tradicional, segundo a qual, no momento em que uma criança assimila o significado de uma palavra, ou domina uma operação tal como a adição ou a linguagem escrita, seus processos de desenvolvimento estão basicamente completos. Na verdade, naquele momento eles apenas começaram. (VIGOTSKI, 2007, pp. 103-104).

Essas compreensões lançam uma luz às contradições nas respostas dos estudantes, às dúvidas recorrentes, aos momentos em que estudantes pareciam “desconstruir” quanto à coerência conceitual nas explicações após o professor ter a percepção de que houve o aprendizado sobre o nível submicroscópico (por usar palavras adequadas a uma situação imposta). Explicações sobre a complexidade do real exigem processos de aprendizagem e de desenvolvimento de linguagens e pensamentos específicos às aulas de Química. O aprendizado fornece elementos para que as funções psicológicas superiores se desenvolvam, permitindo novas ações e interpretações *na* e *sobre* a realidade. Durante as aulas e as reuniões com os estudantes são perceptíveis as mudanças quanto ao emprego de uma linguagem química em negociação no espaço escolar.

Como os estudantes estão sendo inseridos num novo modo de pensar e interpretar a realidade, é importante que o professor compreenda a elaboração conceitual como um processo permanente. Eles avançam e retrocedem no “sucesso” (na coerência com o conhecimento químico). Em alguns momentos parecem ter criado significados coerentes com a Ciência, a exemplo de palavras e termos poluição, concentração, Ar poluído, material particulado, substância (gás carbônico, gás oxigênio), e em outros parece não haver significação ou ter dificuldade nas explicações, enquanto em outros parecem ter dificuldade em propor explicações, pois as palavras não vêm na mente, ou usam explicações com palavras menos precisas, como quantidade, sujeira, fumaça, puro, oxigênio, carbono, etc.

### **6.3.2 A inter-intrassubjetividade na elaboração conceitual por meio de representações**

No intuito de dar continuidade à análise dos indícios de elaboração conceitual, neste item, busca-se entender os processos intersubjetivos e intrassubjetivos envolvidos no emprego (uso e interpretação) das imagens representativas de partículas submicroscópicas da temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos” (sem, no entanto, desconsiderar elementos descritos nos itens anteriores). Para tanto, elencam-se elementos pedagógicos e epistemológicos envolvidos na elaboração conceitual sobre essas imagens, no modo como são trabalhadas pelo professor e, muitas vezes, interpretadas pelos estudantes.

Com o objetivo de entender como são abordadas as representações junto aos estudantes e seu entendendo sobre as mesmas, apresenta-se o Episódio 22 (Reunião 01, 1º ano), um episódio representativo acerca de suas percepções:

**Episódio 22: Representação como conteúdo e a percepção sobre as mesmas**

218. PP: [...] Então, alguma vez algum professor falou sobre isso com vocês? Sobre o que é uma representação? Que ela não é uma cópia da realidade, que...

219. Todos: Não.

220. PP: E o que vocês acham?

221. A4: A professora X [fala o nome do Professor] nunca falou o que era e o que estava fazendo, se é cópia ou é a realidade.

222. A5: xxxxx [inaudível], mas acho que nunca foi o foco. O professor Y [fala o nome de outro Professor] quando vai mostrar a ionização, aí ele desenha. Tipo, porque quando ele vai explicar, aí ele desenha que esse tá grudado no oxigênio e esse no hidrogênio.

223. PP: E vocês, como vocês percebem essas bolinhas? Vocês veem elas coloridinhas? Vocês conseguem entender, por exemplo, que elas não são assim coloridinhas. Que elas...

224. A4: Coloridinhas a gente imagina, mas isso não quer dizer que elas são exatamente assim.

225. PP: Isso, que elas querem representar um átomo, uma substância. Por exemplo, vocês imaginam como essas bolinhas? Paradas, em movimento?

226. Ax: Em movimento.

O episódio, apesar de possuir falas sucintas, é representativo de algumas das discussões e compreensões dos estudantes e denota a importância de reflexões de cunho epistemológico e pedagógico associados a visões inadequadas, as quais podem ser associadas a imagens presentes nas aulas e livros didáticos.

Estudantes do 1º ano relataram que outros professores não se centraram em discussões relacionadas a visão realista associada a representações. As imagens parecem ser entendidas por eles como transparentes, sem a necessidade de sua leitura, pois são apresentadas como se o “desenho” realizado tivesse uma correspondência direta com a realidade: “quando vai mostrar a ionização, aí ele desenha. Tipo, porque quando ele vai explicar, aí ele desenha que esse tá grudado no oxigênio e esse no hidrogênio” (A5, turno 222). O emprego da linguagem química visual limita-se, muitas vezes, a explicações de definições ou exemplos que não levam em consideração discussões sobre a natureza do conhecimento químico, ou os entes representados nas imagens e sua relação com a realidade (fatos, fenômenos), aspectos essenciais para entender os limites do acesso ao conhecimento, como

descrito nas categorias: possibilidade, origem e essência do conhecimento (com base em Hessen e Bachelard). Compreensões de que o conhecimento científico envolve uma dialética entre racionalismo e empirismo, sobre o conhecimento como produção histórica e socialmente situado, contribuem, por exemplo, ao não entendimento das imagens representativas de partículas submicroscópicas de aulas e livros como fotografias ou micrografias fidedignas de átomos, substâncias, moléculas em interação, etc.

Na turma do 2º ano, os estudantes comentaram que um dos professores já havia desenvolvido algumas discussões sobre modelos e realidade, abordando aspectos sobre a história da ciência. No entanto, embora essa turma já estivesse mais habituada à linguagem química e às discussões desenvolvidas em aula, manifestava também dificuldades e problemas com o realismo ingênuo (Episódio 12). Isso porque, diferentemente das imagens em fotografias ou micrografias, trata-se de representações de ‘entidades’ que não podem ser visualizadas nem mesmo por meio de microscópios de alta resolução, como sugerem as palavras “modelo” e “representação”.

Ao entender o papel dos modelos e das representações empregadas em Química, compreende-se sobre a não transparência dessas imagens, o que implica discutir acerca de seus limites e potencialidades conceituais, evitando deturpações e obstáculos, como aquela que diz que “o átomo ‘é’ o que está desenhado no livro, que os desenhos de modelos atômicos nos livros são ampliações do átomo, ou que o modelo atômico mais recente é perfeito” (JUSTI, 2010, p. 211). Trata-se, pois, de tentativas de representação, nunca como relação de correspondência direta com a realidade, nem como compreensão da noção científica em sua totalidade. Essas discussões apontam para a importância do professor trabalhar o conceito de modelo e representação (sua relação na Ciência e com a realidade) como um conteúdo de ensino, não como um conteúdo fragmentado, que merece ser retomado e associado ao uso de explicações químicas na interpretação de situações e fenômenos em diferentes momentos, nas aulas de Ciências/Química.

No episódio, ao questionar sobre limites do representado, os estudantes pareceram superar visões como: as representações de átomos e moléculas são coloridas, tal como representadas nos livros e que elas não são partículas fixas e estáticas. Ao serem questionados sobre como percebem as “bolinhas” representadas nas imagens usadas em aula, A4 disse: “Coloridinhas a gente imagina, mas isso não quer dizer que elas são exatamente assim” (turno 224), externando aspectos importantes mediados durante as aulas: as diferenças e as relações entre modelo

explicativo, representação e realidade (Episódios 01 e 12). Há indícios, na fala de estudantes, de que as representações de partículas submicroscópicas não sejam interpretadas como reflexo do real ou tenham um único modo de representação, compreendendo o caráter didático das mesmas e suas limitações. Isso também é frisado em outros momentos das aulas pelos estudantes. Entretanto, isso não impede a recorrência ao realismo ingênuo (conforme discutido no Episódio 12).

Ao explicar as representações, PP utiliza-se de um simulador e de gestos que contribuem na percepção de que as substâncias não são estáticas (como pode parecer ao se usar uma figura), mas que estão “*em movimento*” (turno 226). Smolka (2010), ao chamar atenção sobre a relação entre ensinar e significar, retoma os significados inscritos nas palavras – assinalar, apontar, mostrar, assinar; marcar, fazer incidir, imprimir signos na mente; fazer sinais, signos – que hoje se mantêm e se transformam.

1. a função indicativa do gesto de apontar emerge na relação; 2. um signo se produz na relação entre pelo menos duas pessoas; 3. produz-se a partir de condições concretas, materiais de existência, a partir de um movimento orientado para algo, que integra essa relação; 4. essa ação partilhada implica e ao mesmo tempo leva à *significação*, isto é, produção de signos/sentidos, que se convencionalizam, se estabilizam, e, ao mesmo tempo, se singularizam num acontecimento; 5. o que se produz afeta, reverte, reverbera, marca aqueles que participam da produção. *O signo é um meio/moço de relação social que afeta o funcionamento mental. O signo modifica as relações interfuncionais* (Vygotsky, 1996); 6. sentidos múltiplos e diversos vão sendo assim produzidos na dinâmica dessas relações. Na análise do gesto de apontar, os aspectos relacional, social, histórico, constitutivo do signo, da significação, se explicitam (pp. 116-117, grifos da autora).

Ainda que os gestos não sejam o principal objeto de análise nesta pesquisa, cabe enfatizar que eles coparticipam com imagens, escritas e verbalizações, em sala de aula. Em outras palavras, trata-se de uma linguagem que também orienta a elaboração conceitual (MORO et al., 2011; QUADROS et al., 2012), e que, no caso das representações de partículas submicroscópicas, pode romper com a visão de que os

átomos, as moléculas, as substâncias sejam estáticas ou planas, dinamizando o ensino de Química.

No episódio 23 (aula 03, turma do 1º ano) a seguir, PP explica a diferença entre as porções de Ar poluído e Ar não poluído, a partir de representações de partículas submicroscópicas:

**Episódio 23: elaborações conceituais sobre representações de Ar poluído e Ar não poluído**

475. PP: [...] o material particulado você consegue visualizar. É muito maior, comparado com a escala que está ali ((para as partículas submicroscópicas representadas)). [os *slides* projetados correspondem às representações A e B da Figura 5]. E o ar poluído, eu coloquei assim. Um pouquinho mais dessas partículas poluentes do que o ar não poluído. Agora eu vou ficar brincando aqui, colocando, pra vocês perceberem a diferença [PP começa a passar de um *slide* para o outro – da porção de Ar não poluído para o poluído e vice-versa], do Ar não poluído para o poluído, [vai trocando *slides* e dizendo:] ar poluído, ar não poluído, poluído, não poluído.

476. A8: Tá, o ar poluído tem alguma quantia a menos das outras substâncias?

477. PP: Tem um pouquinho. Se eu comparar a porcentagem, tem um pouquinho menos. Por quê? Porque o ar poluído, ele vai ter, por exemplo, o monóxido de carbono, que o outro não vai ter ((tanto)), vai ter mais gás carbônico, vai ter mais material particulado, que no ar que não é poluído. Na porcentagem, vai ter um pouquinho menos, por exemplo, de nitrogênio, de oxigênio, que comparado com o ar que não é poluído. Então...

478. A4: Tem só uma bolinha amarela ali?

479. PP: É que o argônio, ele é só 1%. Não é nem 1%. É 0,9%. Então...

480. A8: O oxigênio ali tá 21% no não poluído e 20% no poluído.

481. PP: É, eu coloquei pra diferenciar um pouco, mas nem precisaria quase, pois não sei de dá uma diferença tão grande assim. Porque no ar que é poluído, o oxigênio, pela lógica, teria um pouquinho menos, comparado com a porcentagem. [...]

Assim como nas primeiras aulas, na aula 03, os estudantes continuaram fazendo questionamentos sobre a compreensão de Ar poluído e Ar não poluído com base nos novos discursos desenvolvidos na sala de aula. A8, na intenção de confirmar se o seu entendimento estava coerente, questiona: “*Tá, o ar poluído tem alguma quantia a menos das outras substâncias?*” (turno 476, A8), e apesar de não utilizar a palavra concentração, empregou a palavra substância, bastante usada em aulas e explicações anteriores. O questionamento indica uma chamada de atenção frente à dificuldade de se compreender o representado nas imagens, mesmo levando em consideração: discussões já desenvolvidas em aula; certa lógica (dedução e indução) para pensar

que em meio ao Ar poluído existem mais partículas (consideradas poluentes) do que outras (não poluentes).

A dificuldade na interpretação da representação também se faz presente no questionamento de A4: “*Tem só uma bolinha amarela ali?*” (turno 478). Os estudantes não associaram, imediatamente, discussões anteriores com a representação didática que, naquele momento, pretendia ajudar na interpretação das situações estudadas nas aulas. A internalização da compreensão sobre o fenômeno, a partir da representação, precisa de um tempo para ocorrer, a fim de facilitar a apropriação dos signos representados, para a interpretação dos fenômenos (as porções de Ar poluído e não poluído), e o estabelecimento de elaborações conceituais que, para PP, por possuir o EP específico da Química, são mais imediatamente interpretados e parecem explícitos.

A compreensão sobre a “*quantidade*” de partículas presentes em distintas porções de Ar ou o modo de representar essa quantidade, mesmo ao se trabalhar com porcentagem, parece pouco contribuir com a noção de concentração de cada partícula presente na mistura gasosa. Essa dificuldade é evidente na atividade em que os estudantes foram solicitados a representar, a partir de concentrações de porção de Ar previamente definidas, uma porção de Ar da sala de aula e uma porção de Ar de um local próximo ao vulcão do Chile (Questionário II). Os estudantes pareciam ter mais dificuldade em representar quando havia a porcentagem de cada partícula do Ar, do que quando precisavam representar uma porção de Ar em nível submicroscópico sem tais informações (Questionário I e III). Isso pode ocorrer pela não preocupação com a quantidade de moléculas a serem representadas quando não são dadas as porcentagens e pelo fato da atividade demandar novas relações com conhecimentos discutidos em aula (com partículas previamente expostas).

Uma percepção importante – e passível de realização pelo fato de PP ser o professor-pesquisador, pois se pode recorrer ao seu pensamento em movimento durante as explicações e o (re)planejamento das atividades – refere-se à reelaboração da compreensão de PP sobre Ar não poluído e Ar poluído. No planejamento e desenvolvimento das primeiras aulas, PP imaginava e explicava o Ar não poluído como Ar de um lugar que não possui índices considerados prejudiciais à saúde humana. Sobre o Ar poluído, o professor imaginava e explicava uma situação própria de uma cidade com grandes índices de poluição, devido aos carros, às indústrias. Nas primeiras aulas, PP utilizou-se de uma visão mais restrita (limitada em termos de abrangência) sobre as



possibilidades de representação dessas porções (e, consequentemente, da concentração de cada componente do Ar), mas, na sequência, novas elaborações conceituais foram sendo estabelecidas frente à compreensão das porções de Ar (pelo professor e, provavelmente, estudantes). Um dos motivos dessa mudança se deu por causa de um fenômeno relatado pela mídia: o vulcão chileno Puyehue, que havia entrado em atividade, causando consequências a diversos países e, inclusive, à vida dos estudantes. As explicações de PP mudaram a partir da aula 04 do 1º ano e da aula 02 do 2º ano, devido ao vulcão no Chile, que acabou trazendo uma situação nova e não pensada no planejamento das aulas: em que a incidência de poluição é muito maior daquela que, inicialmente, o professor se referia.

Nesse sentido, o processo de ensino também sofre alterações dependendo dos acontecimentos do contexto social, de discussões desenvolvidas em sala de aula. Ao ter que imaginar e explicar uma nova situação, como os locais próximos do vulcão que possuem uma incidência grande de partículas poluentes: material particulado, gás carbônico, etc., PP se deparou com a necessidade de uma “guinada” às suas explicações: as porcentagens de partículas presentes em uma porção de Ar foram tratadas de forma mais relativa, extrapolando a visão de Ar poluído como uma pequena diferença entre o Ar não poluído. Quando se fala em Ar poluído ou Ar não poluído, é possível pensar em distintas situações e contextos, aspecto que, de início, PP não tinha consciência ou intenção de discutir.

O Ar poluído pensado, representado ou verbalizado pelo estudante pode ser muito diferente do Ar poluído comentado por PP, o que pode estar vinculado a possíveis dificuldades associadas com a compreensão do Ar poluído pensada pelos estudantes sobre as explicações de PP. Ou seja, quando um aluno pensa uma situação distinta de PP, para o que se chama de Ar poluído, pode ser que o argumento realizado por PP, no Episódio 23, não faça sentido, pois um ambiente poluído pode estar associado a um local constituído basicamente por partículas poluentes (aquelas prejudiciais à saúde). Essa percepção é coerente com a compreensão da não transparência das imagens e com a discussão sobre os limites e potencialidades sobre um modelo explicativo ou uma representação de partícula submicroscópica.

Ao levar em consideração o exposto, de que as explicações concernentes à representação em nível submicroscópico de uma porção de Ar modificam-se, entende-se que o Ar poluído passa a ser pensado como dependente do meio em que se imagina a situação: se estou perto de um vulcão; em uma cidade pouco ou muito poluída; etc. Assim como

houve mudança na percepção e representação sobre o Ar do PP, os estudantes também (re)constróem seus modelos explicativos. Talvez os estudantes não tenham percebido a complexidade e a dificuldade em criar uma representação que, no caso das porções de Ar mencionadas, poderiam ser representadas ou imaginadas de diferentes maneiras.

Com base principalmente em Vigotski (2001), entende-se que as explicações sobre distintas porções de Ar constituem e são constituídas pelo pensamento, que é oriundo da apropriação, significação e uso de linguagens específicas, de signos que representam ou expressam objetos, eventos ou situações provenientes da cultura. Portanto, essas explicações fazem uma mediação de natureza semiótica, as quais, na escola, estão sob a luz de conceitos científicos escolares. Os signos agem como instrumentos da atividade psicológica, como ferramentas que auxiliam nos processos psicológicos, tendo a função de provocar mudanças nos objetos, controlar processos da natureza, lembrar, compara coisas, relatar, escolher (VIGOTSKI, 2007; OLIVEIRA, 1993). “Na sua forma mais elementar o signo é uma marca externa, que auxilia o homem em tarefas que exigem memória ou atenção” (OLIVEIRA, 1993, p. 30), auxiliando em atividades psicológicas, como instrumentos que remetem o pensamento para alguma situação que se quer entender, explicar, agir. Gibin e Ferreira (2013) destacam “a importância do emprego de imagens que representam o nível submicroscópico, que evidenciam as espécies químicas que não são observáveis e, por isso, auxiliam no processo de compreensão de um fenômeno químico” (p. 25).

No Episódio 24 (turma do 1º ano, Reunião 02), PP buscava compreensões dos estudantes sobre a poluição, com base em suas respostas ao Questionário III.

#### **Episódio 24: a memória e o estabelecimento de nexos conceituais**

1541. PP: E o que significa a poluição?

1542. A14: Ixi.

1543. A11: Que polui.

1544. PP: E o que tem de diferente em um ar poluído?

1545. A6: Tem mais partículas poluentes.

1546. PP: Dê algum exemplo de partículas poluentes?

1547. A14: Na verdade, eu acho que no ar poluído e não poluído as partículas são iguais, só que no ar não poluído tem menos concentração e no ar poluído tem mais concentração, xxx [inaudível] não tem tanto quanto na cidade por causa dos carros ...

1548. PP: Que partículas podem ser consideradas poluentes? Que substâncias?

1549. A6: Não tô entendendo onde está querendo chegar.

1550. PP: O gás oxigênio é considerado uma substância poluente ou não?  
 1551. A11: O oxigênio não. O gás carbônico é poluente, mas o oxigênio não.  
 1552. PP: O oxigênio não [PP confirma]. Tanto é que quanto mais oxigênio vai ter um ar, mais limpo, mais puro ((será)). E o nitrogênio, por exemplo?  
 1553. A11: O nitrogênio acho que é um pouquinho poluente.  
 1554. PP: Por quê?  
 1555. A17: Não, porque o ar tem nitrogênio. Ele constitui o ar, né?  
 1556. A11: Ah, é!  
 1557. PP: O nitrogênio constitui aproximadamente 70% do ar [o mais correto seria 78%], mas ele não é uma substância que interfere em nosso organismo, né. Ele não é considerado um agente poluente. [...]

A6 era uma aluna que, nas aulas e na avaliação, tinha dificuldade em usar as palavras esperadas por PP, como substância e concentração, e fazer explicações baseadas meramente em aspectos macroscópicos como, por exemplo, relacionar porções de Ar poluído e não poluído com fumaça, árvore, carro, fábricas, etc., o que remete a um baixo desempenho nas avaliações escritas. No entanto, no decorrer do Episódio (e da entrevista), demonstrou um uso adequado da linguagem ao afirmar que no Ar poluído “*Tem mais partículas poluentes*” (turno 1545, A6), indicando uma compreensão que não parecia ter sido estabelecida. Isso remete para a incompletude nas explicações (na representação, verbalização ou escrita) comparativamente ao que constitui a aprendizagem e o desenvolvimento do estudante. Uma explicação pode ser estabelecida na redação e outra na verbalização de alguma resposta a um mesmo problema. A estrutura conceitual do pensamento não é expressa em sua totalidade pela linguagem. Logo, uma avaliação não mede ou quantifica a totalidade das elaborações ou nexos conceituais desenvolvidos pelos estudantes.

A14, diferente de A6, já demonstrava, nas aulas e avaliação, explicações em nível atômico-molecular com o uso das “palavras esperadas” às aulas de Química. Na entrevista, seguiu coerente com seu discurso ao diferenciar o Ar poluído do não poluído: “*Na verdade, eu acho que no ar poluído e não poluído as partículas são iguais, só que no ar não poluído tem menos concentração e no ar poluído tem mais concentração*” (turno 1547, A14). Na resposta, há elementos que falam da significação da percepção sobre a constituição de diferentes porções de Ar, pois um Ar não poluído, por exemplo, pode conter outras partículas (como CO<sub>2</sub>, material particulado) além do O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>, e, mesmo assim, não ser considerado um Ar poluído; afinal, a concentração de partículas poluentes é determinante para classificarmos uma amostra de Ar como poluída.

Nas aulas, o gás nitrogênio foi pouco citado pelos estudantes como constituinte do Ar, talvez pela mídia enfatizar substâncias como o gás carbônico e o gás oxigênio. A palavra hidrogênio foi mais citada do que o gás nitrogênio (o mais abundante na atmosfera, em especial, na troposfera, onde respiramos) por muitos estudantes. Isso ocorre, talvez, pelo fato de a escola trabalhar muito com a molécula de água, o que torna o hidrogênio uma palavra mais corriqueira ao discurso do dia a dia (e da escola) do que o gás nitrogênio.

Outro aspecto que merece discussão trata-se da importância da memória e articulação entre os conceitos nos processos de aprendizagem, a exemplo do questionamento feito por PP, quando perguntou se o nitrogênio pode ser considerado um poluente. A11, apressadamente, disse que “*O nitrogênio acho que é um pouquinho poluente*” (turno 1553). No entanto, após ser solicitada uma justificativa, A17 discordou de A11: “*Não, porque o ar tem nitrogênio. Ele constitui o ar, né?*” (turno 1555), o que contribuiu para uma nova percepção de A11 que, enfático e prontamente concordou com o colega: “*Ah, é!*” (turno 1556). Teve-se a impressão que A11 já possuía informações e conhecimentos suficientes, embora não tivesse feito nexos conceituais ou se lembrado das discussões desenvolvidas em aulas.

A partir de experiências anteriores, o estudante estabeleceu a combinação que “já representa algo novo, criado, próprio daquela criança, e não simplesmente alguma coisa que reproduz o que ela teve a oportunidade de observar ou ver” (VIGOTSKI, 2009, p. 17), constituindo a base da criação que possibilita ampliar, combinar, modificar ou transformar os conhecimentos que estão em permanente processo de (re)elaboração. Logo, a escola, e por extensão, o ensino de Química, possibilitam novas combinações e relações com conhecimentos cotidianos dos estudantes e dos professores, e, no nível pessoal, a experiência é ampliada na apropriação da experiência alheia (SMOLKA, 2009).

Durante o estudo da temática “Poluição do Ar: o Ar que respiramos”, ao relatar uma situação, expor uma explicação, um conceito, ou apresentar e discutir sobre o significado químico envolvido em uma imagem, a imaginação “não reproduz o que foi percebido por mim numa experiência anterior, mas cria novas combinações dessa experiência” (VIGOTSKI, 2009, pp. 23-24). As percepções externas e internas compõem a nossa experiência que segue “um processo complexo de reelaboração desse material” (p. 36), ou seja, as percepções

“movem-se, modificam-se, vivem e morrem” (p. 37), existem dissociações e associações<sup>38</sup>. As imagens são ferramentas que também aproximam os estudantes do que é discutido, motivando discussões, permitindo reproduções e combinações associadas à atividade criadora (VIGOTSKI, 2009), mediante a abordagem de situações que são constituintes e constituidoras de linguagens e pensamentos, como o uso de imagens macroscópicas e de representações de partículas submicroscópicas.

Com o objetivo de destacar a elaboração conceitual na percepção sobre o Ar Poluído e Ar não Poluído, segue o Episódio 25 (Reunião, 01 turma 01) em que o conceito é representado nos níveis macroscópico e de partículas submicroscópicas.

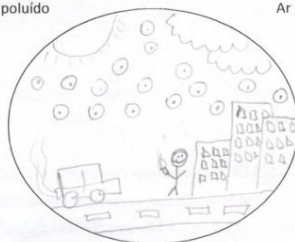
### Episódio 25: os modos de representar as porções de Ar pelos estudantes

72. PP: Essa aqui. O que você quis dizer quando você fez esse sol, essas bolinhas. O que que são essas bolinhas?

2) Pensando nos conhecimentos de ciências e química que você possui agora (depois das aulas envolvendo a poluição do Ar):

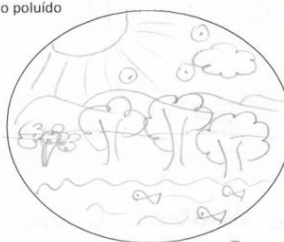
A) **Represente** (*desenhando nos círculos abaixo*) uma porção de ar que você considera poluído e uma porção de Ar que você considera adequada para respirar. B) **Explique as suas representações.**

Ar poluído



O ar poluído contém muito mais substâncias que fazem mal a saúde e a natureza.

Ar não poluído



Já o ar não poluído não contém tantas substâncias que prejudicam a nossa saúde.

73. A23: Ah, tá. Aqui eu quis representar o que era o ar poluído e o ar não poluído, né. Que aqui tem bem mais substâncias digamos “ruins” [faz sinal de aspas para ruins], num ar com fumaça, né, como eu fiz carrinhos aqui,

<sup>38</sup> “Vigotski admite a importância dos processos de dissociação e associação necessários à reorganização de elementos, apontados por Ribot, e resalta a relevância de outros aspectos constitutivos da imaginação criadora: a relação com os afetos; a não adaptação ao mundo circundante; o caráter produtivo da atividade; e a importância do contexto histórico-cultural.” (SMOLKA, 2009, p. 39).

bonitinhos, do que num lugar mais natural digamos assim. Aqui já tem, tem substâncias, claro, mas já são....

74. A4: É menos quantidade.

75. A23: ... é menos, né, aqui as substâncias ruins são bem mais [referindo-se ao ar poluído]. Foi isso que eu quis dizer.

76. PP: Então, essas bolinhas seriam as substâncias poluentes, ou seriam todas as substâncias?

77. A23: É que... São todas substâncias, assim sabe? Só que o que eu quis representar é que tem bem mais substâncias ruins, aqui.

A representação de A23 contou com elementos de nível macroscópico (carros, prédios, árvores, etc.) e submicroscópico (as substâncias). A aluna expressou uma compreensão significativa ao representar um Ar poluído, ressaltando a existência de uma concentração maior de “*substâncias que fazem mal a saúde ou natureza*” ou “*prejudicam à nossa saúde*”, conforme escreveu. Reconheceu também a existência de substâncias poluentes no Ar não poluído quando se questionou se “*essas bolinhas seriam as substâncias poluentes, ou seriam todas as substâncias?*” (PP), ao afirmar que “*São todas substâncias, assim sabe? Só que o que eu quis representar é que tem bem mais substâncias ruins, aqui*” (turno 77). A23 não se preocupou em distinguir as substâncias presentes em ambas as porções de Ar, embora tenha dado a entender que existem outras substâncias para além das poluentes, ou seja, ela supera a compreensão de que no Ar não poluído (adequado para respirar) também pode possuir partículas poluentes, argumentando que teve a intenção de representar as partículas poluentes: “*Aqui já tem, tem substâncias, claro, mas já são com...[...] é menos ((quantidade)), né* [referindo-se à porção de Ar não poluído], *aqui as substâncias ruins são bem mais* [referindo-se ao Ar poluído]” (turnos 73 e 75, A23). O próprio professor, por considerar importante a representação não apenas das “*substâncias ruins*”, teve dificuldade em entendê-la como uma representação parcial, com objetivos que foram definidos pelo autor da representação e que, no caso, estão coerentes com a Ciência, no sentido de que há mais partículas consideradas poluentes em um Ar poluído do que em um Ar não poluído.

No primeiro dia de aula, no Questionário I, A23, ao responder o que é poluição e exemplificar, os tipos que conhecia, escreveu: “*A poluição são várias substâncias que vão prejudicando cada vez mais o meio ambiente. Ex: lixos, fumaças de carros, indústrias e etc.*” (A23), o que denota uma explicação coerente com a Química, ainda que os exemplos trazidos tenham sido associados ao macroscópico. Entretanto,

na representação A23 desenhou apenas o macroscópico para as porções de Ar poluído e de Ar não poluído (Figura 6).



**Figura 6: Representações (de porções de Ar poluído e Ar não poluído) elaboradas por um aluno.**

A23 demonstrou evolução no modo de compreender uma porção de Ar em nível submicroscópico (Episódio 25). Seu desenho (Figura 6) foi similar à maioria das representações dos colegas que se prenderam aos aspectos macroscópicos para as porções de Ar: Ar poluído (um ambiente com a presença humana e Ar não poluído (um ambiente sem a presença humana. Essa observação é interessante, pois, ao serem questionados sobre a origem da poluição, muitos estudantes desconsideraram os fatores naturais (decomposição, vulcão, etc.), associando a poluição, unicamente, aos aspectos antrópicos (carros, indústrias, etc.), mesmo que em uma das atividades em aula PP tivesse discutido agentes naturais de poluição e solicitado a representação para uma porção de Ar próxima ao vulcão do Chile. Ao se comparar a representação inicial (Questionário I) com a avaliação final (Questionário III), tornou-se evidente os indícios de elaboração conceitual.

Outra situação que ampliar o debate sobre as elaborações conceituais, diz respeito a uma estudante que parece ter regredido, sob a ótica do conhecimento químico escolar, nos modos de representar uma porção de Ar. A4 foi uma das únicas estudantes do 1º ano, na primeira aula (no Questionário I), que representou de forma submicroscópica as porções de Ar, demonstrando bons conhecimentos sobre a constituição do Ar, conforme segue:

1) É cada vez mais comum notícias em jornais, revistas e TVs que envolvem casos de poluição da água, da terra e do Ar.

Escreva o que você entende sobre o que é a poluição. Cite algum exemplo de poluição que você conhece.

Quando dificulta nossa respiração ou prejudica nossa saúde. Exemplo: poluição dos carros, poluição das fábricas.

Poluição: quando o ar está poluído, não é, ou está feio.

2) Você considera adequado o Ar que você respira no seu dia a dia? Por quê?

Não que não, porque eu moro e estudo na cidade, então convivo com a poluição de carros, fábricas, obras...

3) Do que é formado/constituído o Ar que você respira? Ele pode ser modificado? Como?

É formado por: oxigênio, dióxido de carbono, etc.

4) Com aquilo que você já aprendeu em Ciências e Química, represente (desenhando nos círculos abaixo) uma porção de Ar que você considera poluído e uma porção de Ar que você considera adequado para respirar. Explique as suas representações.

Ar poluído

Ar não poluído

O ar não apresenta só oxigênio, apresenta também outras partículas de poluição que prejudicam a saúde.

Ar que não está poluído não contém partículas de poluição.

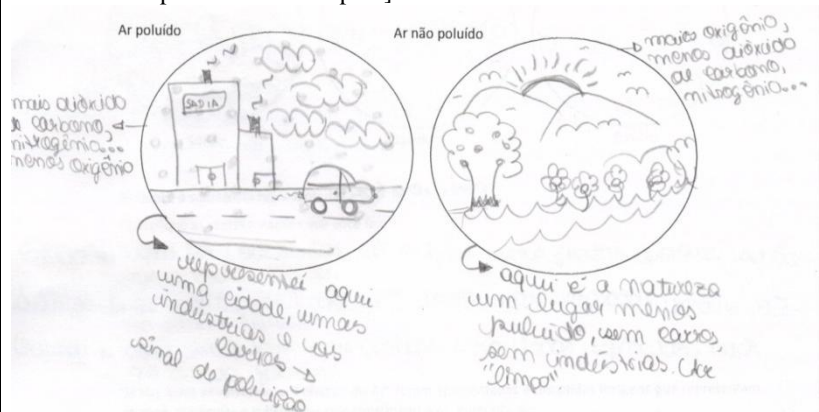
Figura 7: Questionário I respondido no primeiro dia de aula por um estudante.

As representações e explicações são coerentes com a Ciência, como esperado nas aulas de Química, embora alguns pontos possam ser problematizados, como a compreensão de que um Ar não poluído “*não contém partículas de poluição*”. Na avaliação desenvolvida no último dia de aula, A4 externou uma forma de representação que não levava em consideração o nível submicroscópico, embora tivesse demonstrado evolução no modo de explicar a porção de Ar. Esse acontecimento chamou a atenção de PP, que buscou entender o “regresso” conceitual no modo de representar uma determinada porção de Ar, na Reunião 01 (turma do 1º ano).



### Episódio 26: conflito entre formas de representação das aulas de Química e o interesse pessoal

119. PP: É..., você, por exemplo, apagou. Estava fazendo umas bolinhas, mas apagou. [refere-se ao desenho de Ar poluído e não poluído feito por A4, no qual havia representado as partículas constituintes do Ar, apagando-as, e considerando apenas o macroscópico]:



C) Considerando o que você estudou até agora, escreva a sua compreensão sobre o que é a Poluição do Ar. Cite efeitos/problemas relacionados à poluição do Ar.

→ Os seres vivos necessitam de oxigênio (Ar), para sobreviver, do vício. Então consequentemente usando o que é importante para nós, e usamos para outros. Com o desenvolvimento do mundo, cada dia há mais carros, indústrias, mais poluição. A poluição do ar, é um efeito dominante, primeiro afeta os animais, por causa das florestas, depois o homem.

120. A4: Pois é, eu achei que ia ficar mais bonitinho. Hehe [risos]

121. PP: O que você ia fazer?

122. A4: Eu comecei a fazer umas bolinhas, mas aí eu pensei, não, eu quero desenhar um carro, hehe, e daí eu apaguei, aí ficou isso, achei que ficou legal, aí eu deixei. Ah, se considerasse, considerasse ((como correto na avaliação)).

137. PP: Sim. Eu só queria entender porque você fez assim. [...]

138. A4: Ah, eu. Aqui no ar poluído eu representei umas indústrias, uma cidade, umas indústrias, bastante carros, a poluição, né. Aqui tem mais dióxido de carbono, nitrogênio e menos oxigênio né, no ar, do que na natureza que é um lugar menos poluído, mas aí eu também coloquei, tem menos dióxido de carbono e nitrogênio, mas não deixa de ter.

Os modos de representar as porções de Ar, de A4, remetem para os processos de construção e desconstrução na elaboração conceitual frente às partículas submicroscópicas, pois os entes foram representados macroscopicamente, sem a conscientização sobre a importância da representação de partículas submicroscópicas. Entretanto, a explicação sobre o representado, sob o viés do pensamento em nível

submicroscópico, parece ter mais indícios de elaboração conceitual, ao comparar com o descrito no Questionário I (da 1ª aula), estabelecendo nexos conceituais entre aspectos macroscópicos e submicroscópicos (ainda que o gás nitrogênio tivesse sido entendido como uma substância com propriedades poluentes). As tensões, os conflitos, as combinações, negociações de sentidos, e as ampliações de significados aos conceitos em estudo nas aulas de Química, no processo de elaboração conceitual, demandam compreensões sobre a complexidade do desenvolvimento humano que também considera as “imbricações da dimensão orgânica, biológica, com a história e a cultura” (SMOLKA, 2010, p. 117), bem como a relação entre a neuropsicologia e o desenvolvimento humano (ANDRADE; SMOLKA, 2012).

Ao se analisar o desenho da estudante, percebeu-se que nem sempre os alunos elaboram uma representação pensando em “agradar” o professor ou ser coerente com a disciplina, pois A4 desenhou algo que seria “*mais bonitinho*” e não conceitualmente correto. A4 assume a responsabilidade caso a resposta não fosse considerada correta pelo professor: “*Eu comecei a fazer umas bolinhas, mas aí eu pensei, não, eu quero desenhar um carro [...] daí eu apaguei, aí ficou isso, achei que ficou legal, aí eu deixei. Ah, se considerasse, considerasse*” (turno 122). Embora haja o discurso de autoridade de PP, tensões, negociações e movimentos de resistência permeiam o contexto escolar. O interesse pessoal, isto é, a vontade de A4, predominou.

Com base nos episódios anteriores e nas representações de A23 e A4, pode-se afirmar que estudantes elaboraram ou ampliaram o significado das expressões “Ar poluído” e “Ar não poluído”. Há indícios de elaboração conceitual nas explicações e soluções de problemas enfrentados no contexto escolar, inclusive, com agregações, com novos nexos conceituais, mediante a utilização de signos representativos de uma determinada porção de Ar atmosférico.

Ao responder a letra à “C” do questionário, A4 destacou que “*Os seres vivos necessitam de oxigênio (Ar) para sobreviver, óbvio. Então...*”, mas o óbvio sobre o gás oxigênio é o conhecimento prévio, tácito e cotidiano, que aparece na TV o tempo todo, não sendo óbvio quanto às demais partículas que também constituem esse mesmo Ar.

Sendo orientado pelo contexto, a ação com signos deve ser influenciada ou mesmo determinada pelo entorno e pelo curso que a constituem, pois qualquer contexto, seja ele situacional, lingüístico mental, ou ainda a combinação deles, pressupõe a ocorrência de atos de significados anteriores à

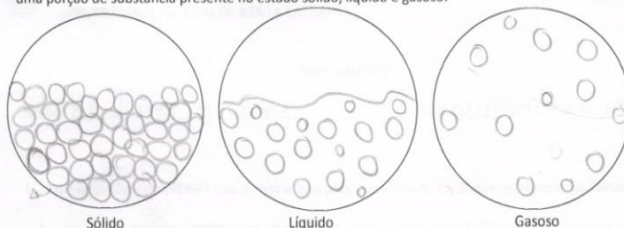
ação. Nesse sentido, o compartilhamento do contexto por alunos e professor é também condição determinante para a elaboração de significados. (GIORDAN, 2008, p. 294).

Ou seja, no discurso da aluna ficou “óbvio” que necessitamos do oxigênio para sobreviver e que a poluição afeta a composição desse oxigênio. No entanto, A4 expressou respostas óbvias para questões não óbvias, as quais demandam conhecimentos que ultrapassam essa percepção, como a representação em nível submicroscópico das porções de Ar, ou ainda a explicação sobre o que é a poluição do Ar e os efeitos/problemas relacionados a ela. Isso também ficou perceptível quando A4 tentou representar e explicar o “oxigênio” nos três estados físicos, como se segue no Episódio 27 (Reunião 01, turma do 1º ano):

### Episódio 27: o não óbvio e a resistência ao conhecimento escolar

139. PP: Ok. E na ((questão)) quatro. O que você pensou?

4) Tendo em vista os conhecimentos discutidos nas aulas. A) Represente (em nível submicroscópico) uma porção de substância presente no estado sólido, líquido e gasoso.



B) Qual é a substância representada? → *é o oxigênio*

C) Explique as representações que você fez.

*Sólido* → aqui as partículas do oxigênio, estão juntas, porque estão no estado sólido.  
*Líquido* → as partículas, estão um pouco mais separadas, porque estão no estado líquido.  
*Gasoso* → aqui estão bem mais soltas, estão todas separadas, estão no estado gasoso

140. A4: O que eu pensei?

141. PP: É.

142. A4: No sólido tem as partículas todas juntinhas, né, porque é sólido. No líquido um pouco mais soltinhas, e no gasoso, um pouco mais soltas ainda.

143. PP: Essa diferença no tamanho foi intencional?

144. A4: Foi. Eu lembrei disso depois. Eu fiquei na dúvida assim, sabe? Eu pensei, eu podia ter feito assim também [aponta para a representação da fase sólida] todas iguais, mas aí eu pensei... Ah, mas agora deixa desse jeito.

145. PP: Mas porque você não fez umas maiores e outras menores?

146. A4: Por quê? Ah, porque eu acho que elas não são todas iguais.  
147. A13: Ah, é que depende do espaço em que elas estão.  
148. A4: Elas podem variar, aí era o oxigênio, mas acho que não são todas iguais, as partículas, umas das outras, acho que podem não ser todas iguais às partículas de oxigênio.

Na avaliação (Questão 04 do Questionário III), e na discussão desenvolvida no Episódio 27, A4 não fez uso de outros nexos conceituais tão óbvios quanto à compreensão de que necessitamos de oxigênio para respirar (Episódio 26). A explicação extrapola percepções dos sentidos, do conhecimento tácito. O que falta aqui é justamente a intervenção pedagógica que deve inserir os conceitos de energia, de cinética, de estado de agregação, da relação entre temperatura e estados físicos. São esses conceitos que vão possibilitar que a aluna supere o óbvio do conhecimento de senso comum e elabore uma explicação elaborada e sistematizada com base em nexos conceituais estudados.

A elaboração conceitual pode ser compreendida de acordo com os escritos de Bachelard (1978a) sobre o *novo espírito científico*, que repensa teorias já estabelecidas, que aprende a desaprender e a retificar as primeiras concepções:

O espírito tem uma estrutura variável desde o instante em que o conhecimento tem uma história. Com efeito, a história humana pode perfeitamente, em suas paixões, em seus preconceitos, em tudo que depende de impulsos imediatos, ser um eterno recomeçar; mas há pensamentos que não recomeçam; são os pensamentos que foram retificados, alargados, completados. Não retornam à sua área restrita ou indecisa. Ora, o espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Ele julga seu passado histórico, condenando-o. Sua estrutura é a consciência de suas faltas históricas. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica dum longo erro, pensa-se a experiência como retificação da ilusão comum e primeira. Toda a vida intelectual da ciência atua dialeticamente sobre esta diferencial do conhecimento, na fronteira do desconhecido. A essência mesma da reflexão é compreender que não se havia compreendido (p. 176).

Esse excerto destaca a importância do espírito capaz de refazer-se com os próprios erros, de tomar a consciência dos problemas não resolvidos, para avançar nas explicações anteriores. A situação nova, isto é, a representação das fases da matéria de uma substância, levou ao estabelecimento de nexos conceituais não realizados por A4, à compreensão dos limites conceituais sobre as explicações realizadas pela aluna. Silva (2007), com base em Bachelard, diz que a “postura pedagógica” exigida pela Ciência contemporânea deve “ter características de construção, abertura, dinamismo e vigilância” (p. 58). Essa postura científica também pode ser defendida na escola, entendendo-se que a aprendizagem se dá por processos de (re)construção permanente, fundadora de um *espírito* aberto, dinâmico e, ao mesmo tempo, vigilante às possíveis incompreensões e obstáculos aos conhecimentos que a escola pretende ensinar.

Uma das explicações que merece ser discutida diz respeito à questão: “*Mas porque você não fez umas maiores e outras menores?*” (turno 145, PP), quando A4 e A13 fizeram menção ao chamado “atomismo substancialista”, uma vez que propriedades macroscópicas das substâncias, como dilatar e mudar de estado, são atribuídas aos átomos e moléculas” (MORTIMER, 1995, p. 24). No trecho, A4 deu a entender que as moléculas do gás oxigênio “*não são todas iguais*” enquanto A13 disse que “*depende do espaço em que elas [substâncias] estão*”. “De acordo com esse modelo atomista substancialista, os átomos ou moléculas dilatam-se quando uma substância é submetida a aquecimento” (MORTIMER, 1995, p. 25), não havendo, portanto, a compreensão de que a representação nos três estados físicos é distinta “pelo fato do aumento da energia cinética média das moléculas do gás, o que aumenta a distância média entre elas” (p. 24), conforme descrito nos Episódios 10 e 11.

Embora as representações de uma porção de ar contribuam para pensar a matéria, as imagens que integram os modos de imaginar um fenômeno podem ser superadas, evoluindo a um modo conceitual de pensamento, nas abstrações; afinal, não se quer que o estudante fique dependente das imagens a todo o momento. Por exemplo, não precisamos pensar na imagem de uma árvore para explicar algumas coisas sobre ela, tampouco na representação dos estados físicos de uma substância para explicar suas propriedades. O simbólico contribui para o afastamento do uso de representações, a exemplo do estudo de uma transformação química pelo uso de uma equação química, que nem sempre precisa ser imaginada em termos de cada átomo da reação.

As imagens são “passíveis de expressar informações contínuas ou espaciais, constituindo a memória visual” (FREITAS, 2005, p.111, com base em VIGOTSKI), pois elas “não se constroem apenas a partir de informações perceptivas, mas incluem também as discussões semânticas e descritivas, considerando que é possível elaborar novas combinações de imagens a partir de descrições verbais” (*idem*, p.111). Ou seja, “ao longo do processo de desenvolvimento, o indivíduo deixa de necessitar de marcas externas e passa a utilizar *signos internos*, isto é, *representações mentais que substituem os objetos do mundo real*” (OLIVEIRA, 1993, p. 35, grifos da autora). Quando o professor fala sobre uma porção de Ar, o estudante não precisa do contato direto com uma representação (como as projetadas por PP) para lidar mentalmente com uma compreensão ou explicação. Num primeiro momento, o estudante pode se apropriar da representação como um objeto concreto, um reflexo do real, o que não o impede de, posteriormente, desenvolver processos de abstração que superem uma imagem, como aquelas que envolvem as distintas porções de Ar.

No entanto, muitas vezes, o representacional, isto é, o exercício de imaginar e pensar em nível submicroscópico, faz com que uma atividade ou discussão em sala de aula deixe de ter um caráter meramente formal ou conceitual, de um exercício que pouco exige do pensamento químico em nível submicroscópico. Os estudantes não precisam entender, necessariamente, os processos químicos envolvidos em uma equação química para resolver exercícios de balanceamento. Outro exemplo de mobilidade no formalismo químico, sem que seja preciso entender seu significado, refere-se aos estudantes do 2º ano que estudavam reações de oxirredução, cálculo do número de oxidação (NOX), mas que, ao mesmo tempo, manifestavam dificuldades em distinguir o que é um átomo, uma molécula, uma substância: os signos representados (implícita e explicitamente) em uma partícula submicroscópica ou equação química. Trabalhar a não transparência da linguagem química torna-se fundamental. Portanto, estimular o pensamento e os nexos conceituais às explicações em nível atômico-molecular, com o uso de representações de partículas submicroscópicas, pode se tornar uma ferramenta auxiliar nas elaborações conceituais. Acredita-se que, pelo fato de PP ter retomado certos conceitos fundamentais, isso tenha propiciado nexos conceituais que o formalismo químico trabalhado em sala de aula (como o estudo das equações e cálculos de NOX envolvendo o conceito de oxirredução) dificilmente permite atingir, a exemplo da fala de A14 (turma do 2º ano, aula 05,

turno 877) quando solicitou a PP que dessa aula no período regular “*porque dá para entender*”.

Compreende-se que quando o estudante já possui um pensamento químico mais elaborado, ele até pode pensar em transformações químicas que acontecem na atmosfera com o uso de equações químicas, sem precisar, necessariamente, criar imagens sobre as substâncias e a reorganização dos átomos, ou ter que pensar numa situação real a que se refere, pois esses nexos conceituais já foram estabelecidos. No entanto, estudantes ainda não inseridos no conhecimento químico podem empregar o nível simbólico de modo mecânico, mas no momento em que tiverem de pensar tais representações com o nível teórico e fenomenológico do conhecimento químico, manifestarão dificuldades, pois não terão se apropriado das explicações atômico-moleculares e não conseguirão relacionar essas simbologias com as situações vivenciais (MACHADO; MORTIMER, 2007).

Nas interações sociais, ou seja, nas relações interpessoais com pessoas de distintos contextos históricos e culturais, os indivíduos internalizam significados para palavras, expressões e representações. No caso do ensino de Química, signos específicos são mediados, via linguagem, indicando negociações de sentidos que estão em constante reelaboração com o mundo cultural (dos processos interpessoais) e o mundo subjetivo (que se refere a cada um dos sujeitos envolvidos nas interações, o interpessoal). Novos modos de ver, pensar e agir precisam ser mediados junto aos estudantes através de processos de instauração, extensão e transformação do conhecimento social e historicamente situado.

Portanto, nas interações desenvolvidas em sala de aula, signos e significados referentes à representação parcial da porção de Ar necessitam ser mediados para que haja a compreensão sob a visão do conhecimento químico escolar. O estudante só poderá explicar uma porção de Ar com base na constituição química de diferentes partículas submicroscópicas se ele estiver inserido nesse determinado modo de ver, pensar e agir (FLECK, 2010). A mediação dos signos, do representado, dá-se por contextos e linguagens culturais historicamente situados, visto que os sistemas de representação da realidade são socialmente construídos, articulando-se a nexos conceituais em permanente elaboração. “É o grupo cultural onde o indivíduo se desenvolve que lhe fornece formas de perceber e organizar o real, as quais vão constituir os instrumentos psicológicos que fazem a mediação entre o indivíduo e o mundo” (OLIVEIRA, 1993, p. 36).

Ao entender que os processos intersubjetivos são constituintes do intrassubjetivo e que os sujeitos estão envolvidos em discursos polifônicos, ou seja, de uma multiplicidade de vozes (BEZERRA, 2012), compreende-se que os sentidos atribuídos a palavras, textos, imagens, etc., podem ser polissêmicos, pois dependem da historicidade dos indivíduos. O aprendizado, isto é, a elaboração conceitual, não é meramente passivo, mas ativo, estando em articulação, em conflito e em tensão com os discursos anteriores. Ao trabalhar as noções de enunciado e enunciação, Brait e Melo (2012) dizem que, no pensamento bakhtiniano, “a linguagem é concebida de um ponto de vista histórico, cultural e social que inclui, para efeito de compreensão e análise, a comunicação efetiva e os sujeitos e discursos nela envolvidos” (p. 65). No enunciado, no discurso em negociação na escola, pode-se dizer que “existe uma situação extraverbal implicada no verbal, incluindo aí interlocutores que se conhecem [ou não], compartilham universos, conhecimentos, pressupostos, sentimentos” (*idem*, p. 66).

As discussões reportam para a importância de se trabalhar a leitura de imagens (SILVA, 2006; FERREIRA, 2010; TERUYA, 2013). Lopes (2007), com base em Bachelard, diz que “as imagens devem ser entendidas como modelos de raciocínio, nunca reflexos do real” (p. 46). No entanto, compreende-se que diferentes discursos e tensões estão presentes no processo de ensino e aprendizado e as imagens têm uma “força” que, muitas vezes, não é devidamente trabalhada, questionada ou compreendida, tendo como base os modelos explicativos que as fundamentam. O homem constitui-se e reelabora-se historicamente, nas interações sociais e culturais, tal como as que permeiam os pensamentos e as linguagens do contexto escolar (VIGOTSKI, 2001). Com base em Bakhtin, a linguagem pode ser concebida como um campo de batalha social, de tensão e de negociação, com arranjos hierárquicos de poder, onde “cada palavra transforma-se na arena onde competem as entonações sociais” (ALMEIDA; GIORDAN, 2012, p. 249). Dessa forma, ao introduzir e explicar palavras, censurar, ignorar e endossar discursos, deparamo-nos com contextos e imagens, com elaborações conceituais que se modificam. Essas percepções implicam em limites sobre afirmações referentes à elaboração conceitual por parte dos estudantes, afinal, não se tem acesso à totalidade das relações, nexos conceituais ou ações estabelecidas pelos sujeitos, embora se tenha acesso a falas, escritos, desenhos, gestos, ações e expressões faciais que possibilitam dizer algo sobre a aprendizagem, os indícios de elaboração conceitual.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao reconhecer o aumento de recursos imagéticos em meios de informação e comunicação que permeiam a escola e a importância das concepções pedagógicas e epistemológicas na prática educativa, a pesquisa buscou compreensões sobre o emprego de imagens representativas de partículas submicroscópicas em um processo de ensino e de aprendizagem desenvolvido em aulas de Química da educação básica. Defendemos a tese de que, no processo de elaboração conceitual, essas representações não transmitem um único sentido e, portanto, há a necessidade da mobilização de saberes docentes no ensino, ou seja, que se problematize e discuta a não transparência (da Ciência e sobre a Ciência), e os limites e potencialidades conceituais dessas representações. Caso contrário, elas podem assumir um caráter ilustrativo, de mera facilitação e reprodução de discursos e imagens quase vazios de significado químico, tornando-se um obstáculo aos processos de elaboração conceitual de conhecimentos ensinados na escola, ao invés de potencializar o aprendizado dos estudantes.

Inicialmente, definimos as imagens representativas de partículas submicroscópicas como representações parciais de teorias/conceitos científicos (oriundos da relação entre sujeitos e objeto do conhecimento, produzidos social e historicamente pela comunidade científica). Depois, apresentamos e defendemos os pressupostos epistemológicos e pedagógicos que orientaram o planejamento e a análise dos módulos de ensino implementados em aulas de Química do ensino médio de uma escola pública, com o *objetivo de analisar as implicações pedagógicas e epistemológicas relacionadas com a mediação de imagens representativas de partículas submicroscópicas no processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos escolares de uma temática desenvolvida em aula de Química.*

Quanto aos pressupostos epistemológicos, partimos da relevância de se melhor entender a natureza da Ciência e do conhecimento científico, sobretudo as representações de partículas submicroscópicas ao fundamentando-nos, principalmente, em Hessen, Bachelard e Fleck. Discutimos as distintas perspectivas de Hessen, visto que as posturas epistemológicas adotadas por um professor podem interferir no modo de compreender e ensinar o conhecimento produzido *na* e *sobre* Ciência (e suas representações). A perspectiva considerada mais coerente foi o realismo crítico que aborda a *possibilidade do conhecimento* e a *essência do conhecimento*, em que o real existe e pode vir a ser

conhecido, mesmo que o conhecido hoje possa ser retificado mediante a recorrência histórica que visa aproximações sucessivas do real. Quanto à *origem do conhecimento*, entende-se que a posição dialética, a exemplo do racionalismo aplicado de Bachelard, torna-se mais coerente ao possibilitar o entendimento das inter-relações entre sujeitos e objeto do conhecimento, superando a posição empirista e racionalista. Visão esta expandida por Fleck (2010), quando defende um terceiro elemento que faz a mediação entre o sujeito e o objeto, ou seja, o conhecimento é resultado de uma atividade social, de um sujeito não neutro, que interage com outros sujeitos e com o objeto que se quer melhor conhecer.

Quanto aos pressupostos pedagógicos, fundamentamo-nos na perspectiva histórico-cultural, em que os conhecimentos não são pensados como prontos e acabados, mas em permanente estado de negociação, tensão, movimentos de (re)criação e (re)interpretação de informações, conceitos e significados, mediante interações com o Outro (VIGOTSKI, 2001; BAKHTIN, 2009, OLIVEIRA, 1993; REGO, 2003). Cada contexto enriquece e realimenta o outro, mutuamente, orientando e dando a entender modos de pensar e agir no mundo. Nesse sentido, a escola e os professores desempenham funções importantes à constituição e ao desenvolvimento humano-social dos estudantes, socializando palavras e seus significados, de forma coerente *com e sobre* as Ciências, tendo em vista a formação crítica e transformadora (FREIRE, 2001). Portanto, para pensar quimicamente, há a necessidade de instaurar, ampliar e transformar os modos de ver, pensar e agir dos estudantes mediante a circulação intercoletiva de conhecimentos e práticas (FLECK, 2010), instigando problematizações e processos de mediação que mobilizem os indivíduos para o conhecimento novo.

Ao desenvolver processos de ensino e de aprendizado no contexto da escola, partimos do pressuposto de que é possível identificar indícios de elaboração conceitual tendo como instrumentos a análise microgenética e a análise textual discursiva, através dos quais buscamos responder às questões de pesquisa: *como ocorre a elaboração conceitual de representações de partículas submicroscópicas de sujeitos envolvidos em um módulo de ensino planejado e implementado em aulas de Química do ensino médio?* E as perguntas articuladas: *Ao considerar que as concepções pedagógicas e epistemológicas expressas nesta pesquisa implicam no planejamento escolar, como imagens representativas de partículas submicroscópicas são empregadas pelos sujeitos (professor/pesquisador e estudantes) e como integram os processos de enfrentamento de problemas e (re)construção de conhecimentos escolares? Os estudantes interpretam aspectos*

*conceituais e expressam capacidades de abstração e generalização ao interpretar situações que envolvem representações de partículas submicroscópicas após as interações ocorridas nas aulas de Química do ensino médio? Como?*

O presente trabalho valoriza a importância dos pressupostos educacionais/pedagógicos e epistemológicos no embasamento da prática educativa do professor/pesquisador, pois os mesmos orientam e direcionam determinadas escolhas e ações no planejamento e na implementação do módulo de ensino, na escola. Elas podem ser perceptíveis, por exemplo, na sequência das aulas: ao se estudar uma temática que tem relação com o cotidiano e que busca superar o ensino meramente linear e fragmentado; ao se trabalhar com o conhecimento dos estudantes, proporcionando momentos constantes de problematização e ressignificação de conceitos que, à luz das Ciências (e pedagogicamente transformados), possibilitam novos olhares sobre a realidade; ao se trazer aspectos sobre a natureza da Ciência nas discussões desenvolvidas em aula; ao se considerar os obstáculos, limites e potencialidades das imagens, a sua não transparência para o ensino de Química, etc.

Entretanto é possível afirmar também que as concepções pedagógicas e epistemológicas do professor/pesquisador não garantem, por si só e integralmente, uma prática coerente com as mesmas, a exemplo de explicações aligeiradas que podem indicar uma compreensão de transparência para a linguagem química ou o uso de um discurso que pode obstruir o acesso ao conhecimento escolar. Essas concepções permitem ver, planejar e analisar as interlocuções desenvolvidas, perceber limites e potencialidades das ações realizadas que, nas próximas intervenções pedagógicas, podem ser melhoradas e qualificadas. Cientes da diferença nos modos de pensar, comunicar e agir no contexto da escola e fora dela, e das contradições existentes entre concepções teóricas dos sujeitos e suas práticas cotidianas, conforme aponta Acevedo et al. (2005), consideramos importantes as pesquisas que contemplem discussões sobre a natureza da Ciência e sua relação com a tomada de decisão na sociedade (aspecto que, por razões de espaço e foco de discussão, não desenvolvemos neste trabalho).

Os referenciais explicitados demonstraram grande potencial na compreensão e análise da temática de pesquisa. O uso concomitante da *análise microgenética* e da *análise textual discursiva* como instrumentos metodológicos possibilitaram a organização e a análise dos processos interativos desenvolvidos em sala de aula, com vistas à construção de focos de análise que visam contribuir na elaboração de respostas às

questões de pesquisa, conforme discutido ao longo das categorias emergentes, na busca de compreensões que envolvem as representações de partículas submicroscópicas usadas e interpretadas no contexto escolar: a não transparência; os obstáculos e as potencialidades; a elaboração conceitual.

A não transparência do discurso e das imagens oriundas do contexto escolar acena para tensões e negociações entre conhecimentos cotidianos e científicos específicos à elaboração de conhecimentos escolares, à necessidade de inserção e controle de sentidos que sejam coerentes com a Ciência e com o conhecimento químico escolar. Isso implica em reflexões no campo educacional, isto é, na importância de considerar falas, escritos e representações dos estudantes ao longo do processo de ensino e aprendizagem, no intuito de identificar sentidos atribuídos a conceitos, imagens, livros didáticos, à interpretação de textos, etc. No entanto, compreender possíveis sentidos, ouvir e analisar os escritos, as representações e as falas dos alunos também demanda tempo à análise, à leitura e às reflexões que ajudam os professores a perceber a não transparência (ou não unidirecionalidade) do acesso às linguagens (verbal, não verbal, gestual, sonora) que permeiam o ensino e a aprendizagem de Química. Compreensões sobre a não transparência permitem melhor entender os processos de elaboração conceitual, a exemplo do “apreendido” pelos estudantes, que não é inteiramente perceptível aos “olhos” do observador que interpreta possíveis significações estabelecidas pelo apreendente, uma vez que não se tem acesso ao pensamento do Outro ou à totalidade do controle das relações e nexos conceituais estabelecidos (e que são dependentes do contexto social e histórico dos estudantes). Entretanto, isso não impede de termos acesso a falas, escritos, desenhos, gestos, ações e expressões faciais que possibilitam dizer algo sobre a aprendizagem, os indícios de elaboração conceitual.

As reflexões corroboram a necessidade de incluir, ao longo da formação de professores e no ensino de Química na escola, discussões sobre a especificidade da Química como, por exemplo, a natureza da Ciência e o significado de modelo e representação como conteúdos de ensino, e sobre as relações entre o conhecimento e a realidade, tendo em vista a resistência à superação do realismo ingênuo. A não transparência demanda problematizações, discursos e cuidados que extrapolam compreensões de ensino que entendem o conteúdo trabalhado como equivalente ao conteúdo aprendido e, para isso, é fundamental a pesquisa sobre a própria prática, a análise sobre as falas, as

representações e os escritos das interlocuções *entre* e *dos* sujeitos (MALDANER, 2003; MORAES; GALIAZZI; RAMOS, 2004).

As falas do professor e os significados construídos pelos estudantes, nas relações intersubjetivas, não são cumulativa ou linearmente apropriados e desenvolvidos no intrassubjetivo, pois certos elementos se “apagam” enquanto outros “emergem”. Isso porque as relações conceituais são estabelecidas segundo reelaborações que constituem linguagens e pensamentos específicos às vivências socioculturais e históricas. Com base nos distintos Episódios analisados, e na perspectiva histórico-cultural, compreende-se que a análise da atividade externa, dos processos sociais mediados em aula é essencial para a (tentativa de) compreensão dos processos de (re)elaborações conceituais vivenciadas no contexto escolar.

Nas aulas, muitas vezes os estudantes não sabiam ou pareciam ter dificuldade em explicar o que haviam representado, utilizavam-se de signos específicos, aceitavam explicações, mas esporadicamente tomavam consciência acerca de seus significados. As palavras, expressões químicas e imagens podem ser usadas em uma explicação e serem (quase) vazias de significado químico, o que remete para a necessidade de novas elaborações, problematizações e discussões em sala de aula, mas também podem contribuir para o estabelecimento de nexos conceituais, numa atividade reprodutiva e criativa nas explicações (VIGOTSKI, 2001, 2009). Por exemplo, os estudantes podem empregar o nível simbólico de modo satisfatório e mecânico, mas no momento de relacioná-lo com os níveis teórico e fenomenológico, podem se complicar nas explicações do nível atômico-molecular (MACHADO, 2004, MACHADO; MORTIMER, 2007).

Dificuldades e/ou deturpações conceituais (à luz da Ciência) decorrem de diferentes sentidos ou significados que um discurso, palavra ou imagem pode remeter ao estudante, na interpretação ou na elaboração e explicação de uma representação. Afinal, os diferentes contextos, problemas e discursos envolvidos nas aulas reportam para a multiplicidade de sentidos que podem permear as falas, os escritos e as representações dos alunos para um aprendizado em movimento, em processos de regulação, negociação e tensão, em que os sujeitos estão envolvidos (VIGOTSKI, 2001; BAKHTIN, 2009). Isso demanda atenção e reflexão por parte do professor, a negociação de significados, como a superação da compreensão realista sobre as representações de partículas submicroscópicas e das relações entre conhecimento, imagem e realidade. Nas aulas, os estudantes estabelecem explicações para novas situações, ainda que com dificuldades e/ou deturpações conceituais

associadas a representações de partículas submicroscópicas. No estudo de diferentes situações e contextos, percebeu-se também que as imagens (como as trabalhadas em aula) têm uma força reprodutiva e criativa na elaboração de explicações.

As discussões apontam para a importância de investigar a problemática sobre como os estudantes estabelecem relações entre o conhecimento escrito, verbalizado e representado (pelo professor e pelos estudantes) em aulas que envolvem a compreensão de modelos teórico-explicativos, a exemplo da vigilância à possível recorrência ao realismo ingênuo sobre imagens empregadas em aulas de Química, mesmo com discussões sobre a natureza da Ciência, as escalas e as relações entre os modelos/teorias, as representações e o fenomenológico. Do mesmo modo, reflexões e pesquisas no âmbito da formação docente (no contexto universitário ou da escola) são fundamentais para estabelecer compreensões sobre o uso e a interpretação de representações de partículas submicroscópicas nas aulas de Química, com vistas a potencializar os recursos educacionais que permeiam o contexto escolar.

Cientes da necessidade de melhor compreender o objeto de pesquisa – que é vasto e instigante –, novos estudos sobre o processo de ensino e de aprendizagem no contexto escolar são necessários para entender e ampliar as possibilidades de propiciar elaborações conceituais, em coerência com a especificidade do conhecimento químico e escolar e ao pensamento em nível submicroscópico, o qual tem potencial para entender situações e solucionar problemas. Seria ideal que o professor/pesquisador, como sujeito que vive numa sociedade em transformação e que está em contato com outros sujeitos permanentemente em construção, pudesse ter tempo e espaço para estudar, analisar e refletir sobre a sua prática, os instrumentos linguísticos, os modos de apropriação do discurso escolar, etc., pois isso qualificaria a formação docente e, conseqüentemente, resultaria num maior aprendizado aos estudantes. Infelizmente, parece que ainda estamos longe de obter tais condições. Entretanto, isso não suprime a necessidade de refletir e ampliar nossas concepções pedagógicas e epistemológicas que orientam os modos de ver, pensar e agir na escola, na prática educativa, na seleção e emprego de recursos educacionais, pois demandas e desafios podem ser melhor compreendidos e superados à luz de estudo e reflexão sobre o contexto escolar e seu entorno social.

A tese se configurou, fundamentalmente, na explicitação e na análise das concepções pedagógicas e epistemológicas de um professor/pesquisador envolvido no ensino e na compreensão dos processos de elaboração conceitual sobre representações de partículas

submicroscópicas dos sujeitos em aulas de Química do ensino médio. Portanto, com contribuição didática sobre a não transparência da linguagem química, os possíveis obstáculos e as potencialidades envolvidas **no processo** de ensino e de aprendizagem sobre essas representações. Todavia, a pesquisa, os resultados e as considerações não terminam aqui. Assim como novos problemas demandam novos estudos, os velhos problemas carecem de melhores respostas e compreensões, além de novos olhares, conhecimentos, práticas e pesquisas. Afinal, segundo Bachelard, o mérito não está em encontrar as respostas, que são passageiras, mas em levantar e explicitar novos problemas.





## REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; PAIXÃO, M. F.; ACEVEDO, P.; OLIVA J. M.; MANASSERO, M. A. Mitos da Didática das Ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no ensino das Ciências. **Ciência & Educação**. v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.

ALMEIDA, S.A.; GIORDAN, M. Discursos que circulam na correção de um questionário: sentidos e significados. *Revista Ensaio*, v. 14, n. 3, p. 239-259, 2012.

ANDRADE, Beatrice L.; ZYLBERSZTAJN, Arden; FERRARI, Nadir. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 2, n. 2, 2002, p. 1-11. Disponível em: <http://www.cecimig.fae.ufmg.br/wp-content/uploads/2007/12/beatrice.pdf>. Acesso em 01/01/2014.

ANDRADE, Joana J. **Modos de conhecer e os sentidos do apre(e)nder**: um estudo sobre as condições de produção do conhecimento. Campinas: UNICAMP, 2008. Tese de Doutorado em Educação.

\_\_\_\_\_. Sobre indícios e indicadores da produção de conhecimentos: relações de ensino e elaboração conceitual. In. SMOLKA, Ana Luiza B; NOGUEIRA, Ana Lúcia H. (Orgs.) **Questões de desenvolvimento humano**: práticas e sentidos. Campinas: Mercado de Letras. 2010, p. 81-106.

\_\_\_\_\_; SMOLKA, Ana Luiza B. A construção do conhecimento em diferentes perspectivas: contribuições de um diálogo entre Bachelard e Vigotski. **Ciência & Educação**. v. 15, n. 2, p. 254-68, 2009.

\_\_\_\_\_; Reflexões sobre desenvolvimento humano e neuropsicologia na obra de Vigotski. **Psicologia em estudo**. v. 17, n. 4, p. 699-709, 2012.

ANDREOLLA, Neusa. **Aulas de Ciências Naturais**: interações discursivas e construção de conhecimentos. Passo Fundo: UPF, 2003. Dissertação de mestrado em Educação.

ANGOTTI, José A. **Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de Ciências**. São Paulo: FEUSP, 1991. Tese de doutorado.

\_\_\_\_\_. Conceitos unificadores e ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 15, n. 01 a 04, 1994.

BACHELARD, Gaston. **A filosofia do não**. Tradução de Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1978a, p. 1-88. (Coleção “Os Pensadores”).

\_\_\_\_\_. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

\_\_\_\_\_. **O novo espírito científico**. Tradução de Remberto Francisco Kuhnen. São Paulo: Abril Cultural, 1978b, p. 89-180. (Coleção “Os Pensadores”).

\_\_\_\_\_. **Epistemologia** - trechos escolhidos por Dominique Lecourt. Tradução de Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.

BAKHTIN, Mikhail. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 15. ed., São Paulo: Hucitec, 2009.

\_\_\_\_\_. **Os gêneros do discurso**. Trad. Maria E. G. G. Pereira. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

BALMANT, Flávia D. R. A Imaginação em Vygotsky: princípio para novas construções, para a expansão de conhecimentos e para o desenvolvimento. **Anais do V EDUCERE - III Congresso Nacional da Área de Educação**. PUCPR: Curitiba, 2005. p. 261-269.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BELTRAN, Nelson O.; LIEGEL, Rodrigo M. **Química**: Ensino Médio. Vol. 1, Brasília: CIB – CisBrasil, (Coleção SER), 2004.

BEZERRA, Paulo. Polifonia. In. BRAIT, Beth (Org.). **Bakhtin**: conceitos-chave. 5 ed., São Paulo: Contexto, 2012, p. 191-200.

BRAIT, B.; MELO, R. Enunciado/ enunciado concreto/ enunciação. In. BRAIT, Beth (Org.). **Bakhtin**: conceitos-chave. 5 ed., São Paulo: Contexto, 2012, p. 61-78.

BRASIL. **Resolução CNE/CEB nº 2**, de 30 de janeiro de 2012. Define as diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=9864&Itemid](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=9864&Itemid).

\_\_\_\_\_. **Parecer CNE/CEB nº 07**, de 07 de abril de 2010. Diretrizes curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2010.

\_\_\_\_\_. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**/Secretaria de Educação Básica. V. 2, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

\_\_\_\_\_. **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

\_\_\_\_\_. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

\_\_\_\_\_. **Portaria nº 971**, de 09 de outubro de 2009. Ensino Médio Inovador. Diário Oficial da União, Brasília, 13 out. 2009. Seção 1, p. 52. Disponível em <http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=52&data=13/10/2009>, acesso em 21 jul. 2013.

BULCÃO, Marly. **O racionalismo da Ciência contemporânea: uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard**. Rio de Janeiro: Antares, 1981.

BUNGE, Mário. **Teoria e Realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CACHAPUZ, Antonio; PRAIA, João; JORGE, Manuela. Da Educação em Ciência às Orientações para o Ensino das Ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**. v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CANÃS, Carmelo. Escola de São José realiza aula inaugural do programa Ensino Médio Inovador. **Portal da Educação**, Estado de Santa Catarina. 2010. Disponível em: <http://www.sed.sc.gov.br/secretaria/noticias/2301-escola-de-sao-jose-realiza-aula-inaugural-do-programa-ensino-medio-inovador>. Acesso em 27 de novembro de 2011.

CARVALHO, Anna Maria P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In. SANTOS, Flávia M. T.; GRECA, Ileana, M (Orgs.). **A pesquisa em**

**ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias.** Ijuí: UNIJUÍ, p. 13-48, 2007.

CHALMERS, Alan F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliensis, 1993.

COMPIANI, Maurício. O Desprestígio das Imagens no Ensino de Ciências, Até Quando? Uma contribuição das Geociências com a Gestalt. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.5, n.1, p.127-154, 2012.

COUTINHO, Francisco A.; SOARES, Adriana G.; BRAGA, Selma A.M.; CHAVES, Andréa C.L.; COSTA, Fernanda J. Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 10, n.3, p.1-18, 2010.

DELIZOICOV, Demétrio. **Conhecimento, Tensões e Transições.** Tese (Doutorado em Educação). São Paulo: FEUSP, 1991.

\_\_\_\_\_. Pesquisa em Ensino de Ciências como Ciências Humanas Aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 21, p. 145-175, ago. 2004.

\_\_\_\_\_. Fleck e a epistemologia pós-empirismo lógico. In: FÁVERO, Maira H.; CUNHA, Célio. (Orgs.). **Psicologia do Conhecimento - O diálogo entre as ciências e a cidadania.** Brasília: UNESCO, Instituto de Psicologia da UNB, Liber Livro, 2009, p. 233-258.

\_\_\_\_\_. La Educación em Ciencias y La Perspectiva de Paulo Freire. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. v.1, n.2, p. 37-62, jul.2008.

\_\_\_\_\_. A Potencialidade das Reflexões Epistemológicas. In: BORGES, Regina M.R.; Filosofia e História da Ciência no Contexto da Educação em Ciências: vivências e teorias. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007, p.70-96.

\_\_\_\_\_; ANGOTTI, José A., PERNAMBUCO, Marta M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos.** 3 ed., São Paulo: Cortez, São Paulo, 2009.

\_\_\_\_\_; AULER, Décio. Ciência, Tecnologia e Formação Social do Espaço: questões sobre a não-neutralidade. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.4, n.2, p.247-273, 2011.

\_\_\_\_\_; CASTILHO, Nadir; CUTOLO, Luiz R.A.; DA ROS, Marco A.; LIMA, Armênio M.C. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 19, n. Especial, p. 50-66, 2002.

DELIZOICOV, Nadir C. **O movimento do sangue no corpo humano: história e ensino**. 2002. Florianópolis: UFSC, 2002. Tese de doutorado em Educação.

DUARTE, Newton. A teoria da atividade como uma abordagem para a pesquisa em educação. **Perspectiva**. v. 20, n. 02, p.279-301, 2002.

EL-HANI, Charbel. Notas sobre o ensino de história e filosofia da Biologia na educação superior. In. NARDI, Roberto. **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2007, p. 292-316.

ENGELS, Friedrich. **Dialectics of nature**. Nova York: International Publishers, 1940.

FERREIRA, Celeste.R. **O uso de visualizações no ensino de química: a formação inicial do professor de química**. São Paulo: USP, 2010. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências.

\_\_\_\_\_; ARROIO, Agnaldo. Visualizações no Ensino de Química: Concepções de Professores em Formação Inicial. **Química Nova na Escola**. v. 35, n. 3, p. 199-208, 2013.

FERREIRA, Poliana F. M. **Modelagem e suas contribuições para o ensino de Ciências: uma análise no estudo de equilíbrio químico**. Belo Horizonte: FE/UFMG. 2006. Dissertação de Mestrado em Educação.

FLECK, Ludwik. **La gènesis y el desarrollo de um hecho científico**. Trad. de Luis Meana. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

\_\_\_\_\_. **Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico**. Tradução de Georg Otte e Mariana C. de Oliveira. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FRANÇA, Angella C. G. **Formação do íon e estrutura atômica: análise das relações estabelecidas por alunos do ensino médio numa atividade do ensino de Química**. São Paulo: USP, 2009. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências.

FREIRE, Paulo. **Ação cultural para a liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 5ª ed., 1981. Disponível em

<[http://portal.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/ater/livros/A%C3%A7%C3%A3o\\_Cultural\\_para\\_a\\_Liberdade.pdf](http://portal.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/ater/livros/A%C3%A7%C3%A3o_Cultural_para_a_Liberdade.pdf)>. Acesso em 14/07/2012.

\_\_\_\_\_. **Extensão ou Comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 11. ed, 2001.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FREITAS, Maria T. A. Nos textos de Bakhtin e Vigotski: um encontro possível. In. BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin, dialogismo e construção do sentido.** 2.ed., Campinas: Editora da Unicamp, 2005, p. 295-314.

FREITAS, Neli K. Representações mentais, imagens visuais e conhecimento no pensamento de Vygotsky. **Ciências & Cognição.** v.6, nov. 2005, p. 109-112.

GARCÍA, José J.G.; PALACIOS, Francisco J.P. ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? **Enseñanza de las ciencias,** v.5, n.2, p.247-259, 2006.

GEHLEN, Simoni T. **A função do problema no processo ensino - aprendizagem de Ciências:** contribuições de Freire e Vygotsky. Florianópolis: UFSC, 2009. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica.

GIBIN, Gustavo B.; FERREIRA, Luiz H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola.** v. 35, n.1, p. 19-26, 2013.

GIL PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel F.; ALÍS, Jaime C.; CACHAPUZ, António C.; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação.** V. 7, n. 2, Bauru: FE/UNESP, p. 125-153, 2001.

GILBERT, J. K. (Org.). **Visualization in science education.** Dordrecht: Springer, 2007.

\_\_\_\_\_; REINER, M. & NAKHLEH, M (Orgs.). **Visualization: theory and practice in science education.** Dordrecht: Springer, V.3, 2008.

\_\_\_\_\_; BOULTER, C.J.; ELMER, R. Positioning models in science education and in design and technology education. In. GILBERT, J. K.; BOUTLER (Orgs.). **Developing models in science education.** Dordrecht: Kluwer, 2000, p. 3-18.

GIORDAN, Marcelo. **Computadores e linguagens nas aulas de Ciências**: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: Unijuí, 2008.

GINZBURG, Carlo. **Mitos, emblemas, sinais**: Morfologia e história. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

GÓES, Maria C. R. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. **Cadernos Cedes**. ano XX, nº 50, p. 9-25, 2000.

HESSEN, Johannes. **Teoria do Conhecimento**. Trad. João V. G. Cuter, 2.ed, São Paulo: Martins Fontes, 2003.

HODSON, D. **Teaching and learning science**. Buckingham: Open University Press. 1998.

HALMENSCHLAGER, Karine R. **Abordagem Temática**: análise da Situação de Estudo no ensino médio da EFA. PPGECT/UFSC: Florianópolis, 2010. Dissertação de mestrado em Educação Científica e Tecnológica.

\_\_\_\_\_. Abordagem Temática no Ensino de Ciências: algumas possibilidades. **Vivências**. Vol.7, n.13, p. 10-21, 2011.

JAPIASSU, Hilton. **Para Ler Bachelard**. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora, 1976.

JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-chemistry. **The School Science Review**. v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

\_\_\_\_\_. The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. **Journal of Chemical Education**. v. 70, n.9, p. 701-705, 1993.

JUSTI, Rosária S. La enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

\_\_\_\_\_. Proposição de um modelo para análise do desenvolvimento do conhecimento de professores de Ciências sobre modelos. In. **Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru/SP, 2003.

\_\_\_\_\_. Modelos e modelagem no ensino de Química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In. SANTOS, Wildson L. P; MALDANER, Otavio A. **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2010, p. 209-230.

LABARCA, Martín; BEJARANO, Nelson; EICHLER, Marcelo L. Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. **Química Nova**, v.36, n.8, p. 1256-1266, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422013000800027>>. Acesso em 05/11/2013.

LEHN, Jean-Marie; BALL, Philip. Química Supramolecular. In. HALL, Nina e cols. (trad. SANTOS, S. S. e cols.). **Neoquímica – a química moderna e suas aplicações**. Porto Alegre: Bookman, 2004. p. 241-282.

LEONTIEV, A. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Livros Horizonte, 1978.

LIBÂNEO, José C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

LIMA, Maria E.C.; BARBOZA, Luciana C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. **Química Nova na Escola**. n. 21, p. 39-43, maio 2005.

LOPES, Alice R. C. Bachelard: O filósofo da desilusão. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 248-276, 1996.

\_\_\_\_\_. Conhecimento escolar: inter-relações com conhecimentos científicos e cotidianos. **Contexto e Educação**. Ijuí: UNIJUÍ. n. 45, p. 40-59, 1997.

\_\_\_\_\_. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: UERJ, 1999.

\_\_\_\_\_. **Currículo e epistemologia**. Ijuí: Unijuí, 2007.

LORENZETTI, Leonir. **Estilos de Pensamento em Educação Ambiental: Uma análise a partir das dissertações e teses**. Tese de doutorado. Florianópolis: UFSC, 2008.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, Andréia H. **Aula de Química: discurso e conhecimento**. 2.ed. Ijuí: UNIJUÍ, 2004.

\_\_\_\_\_; MORTIMER, Eduardo F. Química para o Ensino Médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In. ZANON, Lenir B.; MALDANER, Otavio A. (Orgs.). **Fundamentos e propostas de Ensino de Química para a Educação Básica do Brasil**. Ijuí: Unijuí, 2007, p. 21-41.



MAIA, Carlos A. Realismo científico e construtivismo sócio-lingüístico em Bruno Latour e Ludwik Fleck. In: **Anais do VII Esocite - Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. Acesso em 10 de mai 2010. Disponível em

<http://www.necso.ufrj.br/esocite2008/resumos/35929.htm>.

MALDANER, Otavio. **A formação inicial e continuada de professores de química** – professor/pesquisador. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2003.

\_\_\_\_\_. Ar Atmosférico: uma porção do mundo material sobre a qual se deve pensar. In: FRISON, Marli D. (org.). **Programa de Melhoria e Expansão do Ensino Médio: curso de capacitação de professores da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Ijuí: UNIJUÍ, 2007, p. 18-46.

\_\_\_\_\_. Concepções epistemológicas no ensino de Ciências. In SCHNETZLER, Roseli P.; ARAGÃO, Rosália M.R (Orgs.). **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Piracicaba: Unimep, p. 60-81, 2000.

\_\_\_\_\_; ZANON, Lenir. Situação de Estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em Ciências. In. MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo (Orgs.). **Educação em Ciências: produção de currículos e formação de professores**. Ijuí: UNIJUÍ, p. 43-64, 2004.

MARTINS, André Ferrer P. Sobre rupturas (e continuidades). In. MARTINS, André F.P. (Org.). **Física: ainda é cultura?** São Paulo: Livraria de Física, p. 259-280, 2009.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 2.ed, Ijuí: Unijuí. 2011.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. RAMOS, Maurivan G. Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, R.; LIMA, V. M. R. (Orgs.). **Pesquisa em Sala de Aula: tendências para a Educação em Novos Tempos**. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. p.9-24.

MOREIRA, Antonio F.B.; KRAMER, Sonia. Contemporaneidade, educação e tecnologia. **Educação e Sociedade**. v. 28, n. 100, Especial, p. 1037-1057, 2007.

MOREIRA, Marco A. O currículo como política cultural e a formação docente. In. SILVA, T. T.; MOREIRA, A. F. (Org.) **Territórios contestados: o currículo e os novos mapas políticos e culturais**. Petrópolis: Vozes, 1995, p. 7-22.

MORO, L, MORTIMER, E. F., QUADROS, A. L., COUTINHO, F. A., SILVA, P. S., PEREIRA, R. R., SANTOS, V. C. O uso de gestos em aulas de Química: a influência de um terceiro modo semiótico. **Anais – VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. UNICAMO: Campinas, 2011, p.1-13.

MORTIMER, Eduardo F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

\_\_\_\_\_. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**. v. 7, n. 40, 1988, p. 24-41.

\_\_\_\_\_. Concepções atomistas dos estudantes. **Química Nova na Escola**. n. 1, 1995.

\_\_\_\_\_. Água = H<sub>2</sub>O? O significado das fórmulas Químicas. **Química Nova na Escola**. p. 19-21, n. 3, 1996.

\_\_\_\_\_; MACHADO, Andréa H.; ROMANELLI, Lilavate I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**. V. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **Química**. Ensino Médio, V. único. São Paulo: Scipione, 2002.

\_\_\_\_\_; SCOTT, Phil. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em <  
[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID94/v7\\_n3\\_a2002.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID94/v7_n3_a2002.pdf) >, acesso em 24/06/2012.

MOZETO, Antonio A. Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. **Caderno Temático Química Nova na Escola**. Edição especial, p. 41-49, 2001.

NICOLLI, Aline A.; OLIVEIRA, Odisséa B.; CASSIANI, Suzani. A Linguagem na Educação em Ciências: um mapeamento das publicações dos ENPECs de 2005 a 2009. **Anais do VIII Encontro Nacional de Educação em Ciências**. UNICAMP: Campinas, 2011, p. 1-14.

OKI, Maria C.M.; MORADILLO, Edílson F. O ensino de História da Química: contribuindo para a compreensão da natureza da Ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n.1, p. 67-88, 2008.

OLIVEIRA, Marta K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1993.

OLIVEIRA, Renato J. O ensino das ciências e a ética na escola: interfaces possíveis. **Química Nova na Escola**.v. 32, n. 4, p. 227-232, 2010.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Do átomo grego ao átomo de Bohr: receptividade inicial e perspectivas de pesquisa em um texto voltado para uma disciplina de Evolução dos Conceitos de Física. In. NARDI, Roberto. **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2007, p. 317-338.

PEQUIS (Projeto de Ensino de Química e Sociedade). SANTOS, Wildson L. P.; MÓL, Gerson S. (Orgs.).**Química e Sociedade: Ensino Médio**. Vol. único, São Paulo: Nova Geração, 2010.

PERUZO, Francisco M; CANTO, Eduardo L. **Química na abordagem do cotidiano**. Ensino Médio. V.1, São Paulo: Moderna, 2002.

PÊCHEUX, Michel. **Semântica e discurso: uma crítica à afirmação do óbvio**. 2 ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1995.

PINO, Angel. O social e o cultural na obra de Vigotski. **Educação & Sociedade**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v21n71/a03v2171.pdf>. 2000. Acesso em 19 ago., 2010.

PPP. **Projeto Político Pedagógico da Escola**. Estado de Santa Catarina. Secretaria de Estado da Educação. Florianópolis/SC 2010.

QUADROS, Ana L.; SÁ, Eliane F.; SILVA, Penha S.; MORO, Luciana; PEREIRA, Renata R.; MARTINS, Débora; MARTINS, Reane F.; SILVA, Ana C.A.; REIS, Rita C. MORTIMER, Eduardo F. Análise dos modos semióticos em aulas de Química do Ensino Superior. **Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**. UFBA: Salvador, 2012, p. 1-12.

QUEIROZ, Ariadne S. **Contribuições do ensino de ligação iônica baseado em modelagem ao desenvolvimento a capacidade de visualização**. Belo Horizonte: UFMG, 2009. Dissertação de mestrado em Educação

RAMOS, Maurivan G. A importância da problematização no conhecer e no saber em Ciências. In. GALIAZZI, M. C. et al. **Aprender em rede na Educação em Ciências**. Ijuí: UNIJUÍ, 2008. p. 57-75.

REGO, Sheila C. R. **Imagens fixas no ensino de Física**: suas relações com o texto verbal em materiais didáticos e padrões de leitura de licenciandos. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Tese (doutorado em educação em Ciências e Saúde)

REGO, Teresa C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da Educação. 15. ed., Petrópolis: Vozes, 2003.

REIS, Martha. **Química**: Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia. Ensino Médio. V.1, São Paulo: FTD, 2010, p. 262-264.

SACRISTÁN, José G. O currículo e diversidade cultural. In. SILVA, Tomaz T.; MOREIRA, Antonio F. **Territórios contestados**: o currículo e os novos mapas políticos e culturais. Petrópolis/RJ: Vozes, p. 82-113, 1995.

SANGIOGO, Fábio A. **Representações de estruturas submicroscópicas no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: (re)construção de conhecimentos escolares. Ijuí: UNIJUÍ, 2010. Dissertação de Mestrado em Educação nas Ciências.

\_\_\_\_\_; ZANON, Lenir B. Mobilização de linguagens e pensamentos necessários à compreensão de modelos de estruturas submicroscópicas em aulas de Ciências. In. **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009.

\_\_\_\_\_; ZANON, Lenir B. Reflexões sobre modelos e representações na formação de professores com foco na compreensão conceitual da catálise enzimática. **Química Nova na Escola**. v. 34, n. 1, p. 26-34, 2012.

\_\_\_\_\_, HALMENSCHLAGER, Karine R.; HUNSCHE, Sandra; MALDANER, Otavio A. Pressupostos epistemológicos que balizam a Situação de Estudo: algumas implicações ao processo de ensino e à formação docente. **Ciência & Educação**, v.1, n.19, p. 35-54, 2013.

SANTOS, M. **Sociedade e espaço**: a formação social como teoria e como método. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo: AGB, p. 81-99, 1977.

SANTOS, Wildson L. P.; SCHNETZLER, Roseli P. **Educação em Química**: compromisso com a cidadania. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

\_\_\_\_\_; MORTIMER, Eduardo F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, 2002. Disponível em, <http://150.164.116.248/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/21/52>. Acesso em 20 fev. 2012

SCHROEDER, Edson; FERRARI, Nadir; MAESTRELLI, Sylvia R. P. A Construção dos Conceitos Científicos em Aulas de Ciências: a teoria histórico-cultural do desenvolvimento como referencial para análise de um processo de ensino sobre sexualidade humana. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.3, n.1, p.21-49, maio 2010.

SCHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p. 77-91.

SILVA, Suzeley L.A.; VIANA, Marcelo M.; MOHALLEM, Nelcy D.S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? Uma abordagem para o ensino médio. **Química Nova na Escola**. V. 31, n. 3, p. 172-178, 2009.

SILVA, Nilma S. **O uso e a apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do Ensino Fundamental**. Belo Horizonte: UFMG, 2009. Tese (doutorado em Educação).

SILVA, Henrique C. Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. **Pro-Posições**. v. 17, n. 1, p. 71-83, 2006.

\_\_\_\_\_; ZIMMERMANN, Erika; CARNEIRO, Maria Helena S.; GASTAL, Maria Luiza; CASSIANO, Webster S. Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências. **Ciência & Educação**. v. 12, n. 2, p. 219-233, 2006.

SILVA, Ilton B. **Inter-relação: a pedagogia da ciência - uma leitura do discurso epistemológico de Gaston Bachelard**. 2. ed., Ijuí: UNIJUÍ, 2007.

SMOLKA, Ana L.B. Ensinar e significar: as relações de ensino em questão ou das (não)coincidências nas relações de ensino. In. SMOLKA, Ana L. B; NOGUEIRA, Ana L.H. (Orgs.) **Questões de desenvolvimento humano: práticas e sentidos**. Campinas: Mercado de Letras. 2010, p. 107-128.

\_\_\_\_\_. Lev Semionovich Vigotski; apresentação e comentários. In. VIGOTSKI, Lev S. **Imaginação e criação na infância: ensaio**

psicológico: livro para professores. Tradução Zoia Prestes. São Paulo: Ática, 2009.

SOUZA, Vinícius C.A. **O desafio da energia no contexto da termoquímica**: modelando uma nova ideia para aquecer o ensino de Química. Belo Horizonte: FE/UFMG, 2007. Dissertação de Mestrado em Educação.

SOUZA, Karina A.F.D. **O ensino universitário de Química em descompasso**: dificuldades de futuros professores na construção do pensamento químico. Araraquara: IQ/UNESP, 2007. Dissertação de Mestrado em Química.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes & formação profissional**. 8. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2007.

TERUYA, Leila C.; MARSON Guilherme A.; FERREIRA Celeste R.; ARROIO, Agnaldo. Visualização no ensino de química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais. **Química Nova**. v. 36, n. 4, p. 561-569, 2013.

VASCONCELOS, Flávia C.G.C.; ARROIO, Agnaldo. Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no ensino de química. **Química Nova**. v. 36, n. 8, p. 1242-1247, 2013.

VIGOTSKI, Lev. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

\_\_\_\_\_. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

\_\_\_\_\_. Concrete Human Psychology. **Soviet Psychology**. XXII, v. 2, p. 53-77, 1989.

\_\_\_\_\_. **Imaginação e criação na infância**: ensaio psicológico: livro para professores. Tradução Zoia Prestes. – São Paulo: Ática, 2009.

\_\_\_\_\_. **Pensamento e Linguagem**. Tradução de Jefferson Luis Camargo. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

\_\_\_\_\_. **Psicologia Pedagógica**. Tradução de Paulo Bezerra. 3. ed., São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010.

\_\_\_\_\_. **Teoria e método em psicologia**. Tradução de Claudia Merliner. 3. ed., São Paulo: Martins Fontes, 2004.

VYGOTSKY, Lev S. **Obras escogidas - Tomo III**. 2. ed. Madrid: Visor. 1931/2000.

\_\_\_\_\_. **Mind in society**: the development of higher psychological processes. Harvard University Press, 1978.

ZANON, Lenir B. **Interações de licenciandos, formadores e professores na elaboração conceitual de prática docente**: módulos triádicos na licenciatura de química. Piracicaba/SP: UNIMEP. 2003. Tese de Doutorado em Educação.

\_\_\_\_\_; HAMES, Clarinês; SANGIOGO, Fábio A. A inserção de reflexões sobre concepções de prática docente em espaços de interação triádica na formação para o ensino de Ciências. In. **Anais do XIV Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino**. Porto Alegre: ediPUCRS, 2008.

WERNER, Jairo. **Transtornos hipercinéticos**: Contribuições do trabalho de Vygotsky para reavaliar o significado do diagnóstico. Tese de doutorado. Campinas: FCM/Unicamp, 1997.

\_\_\_\_\_. Análise Microgenética: Contribuição dos Trabalhos de Vygotsky para o Diagnóstico em Psiquiatria Infantil. **Int. J. Prenatal and Perinatal Psychology and Medicine**. V. 11, n.2, p. 157–171, 1999.

WARTHA, Edson J; REZENDE, Daisy B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.16, n.2, p. 275-290, 2011.

WERTSCH, James V. **Vygotsky y la formación social de la mente**. Tradução de Javier Zanón e Montserrat Cortés. Barcelona: Paidós, 1988.

\_\_\_\_\_. **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1985.





## ANEXO

**Anexo 01 – Certificado do comitê de ética em pesquisa com seres humanos**

Certificado

Página 1 de 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Pro-Reitoria de Pesquisa e Extensão  
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

CERTIFICADO Nº 2354

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Pro-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, instituído pela PORTARIA N° 0584.GR.99 de 04 de novembro de 1999, com base nas normas para a constituição e funcionamento do CEPSH, considerando o comitido no Regulamento Interno do CEPSH, CERTIFICA que os procedimentos que envolvem seres humanos no projeto de pesquisa abaixo especificado estão de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP.

APROVADO

PROCESSO: 2354 FR: 478236

TÍTULO: REPRESENTAÇÕES DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS DO ENSINO MÉDIO: LIMITES E POTENCIALIDADES

AUTOR: CARLOS ALBERTO MARQUES, Fábio André Santiago

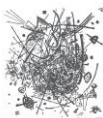
FLORIANÓPOLIS, 03 de Fevereiro de 2012.

  
Coordenador do CEPSH UFSC  
Prof. Washington Pereira de Souza  
Coordenador do CEP/PROE/UFSC



## APÊNDICES

### Apêndice I – Termo de consentimento informado



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA  
E TECNOLÓGICA – PPGECT

#### TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu Fábio André Sangiogo, doutorando em Educação Científica e Tecnológica da UFSC, estou desenvolvendo a pesquisa denominada “*Representações de Estruturas Submicroscópicas no Processo de Ensino e Aprendizagem de Ciências do Ensino Médio: limites e potencialidades*”, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Alberto Marques.

A pesquisa tem objetivo de analisar processos de ensino e aprendizagem que envolvem o uso de imagens representativas de nível submicroscópico (ou seja, de átomos e moléculas em interação) que costumam permear as os livros didáticos e aulas de química do ensino médio.

Para tal finalidade, ministrarei aulas com alunos do 1º e 2º anos na disciplina de Química, sem algum prejuízo ao desenvolvimento da programação regular da disciplina. Nas aulas durante os estudos se utilizará de uma variedade de recursos didáticos (vídeos, simulador de fenômenos) que buscam inserir o estudante na linguagem química (como das imagens). Complementarmente, também serão aplicados questionários abertos, e desenvolvidas entrevistas coletivas com os alunos, cujo único objetivo é avaliar a sequência de ensino desenvolvida.

Assim, para tanto, gostaria de contar com a sua colaboração, **autorizando seu filho a participar** dessas atividades voluntariamente, as quais serão gravadas (em áudio e vídeo). Ressalto, todavia, que tanto os conteúdos do questionário quanto os das gravações **preservarão a identidade dos alunos participantes**, bem como do professor responsável pela turma. As transcrições das falas dos alunos serão codificadas (símbolos referentes a cada um dos estudantes) sem referência aos seus nomes. A posterior utilização dessas informações transcritas (não imagéticas) manterão essas codificações e terão como objetivo publicações com fins científicos. Portanto, as imagens gravadas não serão publicadas ou exibidas, ficando sob responsabilidade do doutorando; e aquelas falas cujos estudantes ou responsáveis não forem autorizadas, não serão utilizadas.

A qualquer momento da pesquisa o Senhor(a) tem o direito de retirar seu consentimento, bastando comunicar a sua decisão. **Caso deseje aceitar este convite e fazer parte do estudo, por gentileza assinie as duas vias ao final deste documento.**

Agradeço desde já sua colaboração, fico à disposição para qualquer outro esclarecimento.

Telefone:(48)9646-9233. Endereço eletrônico: [fabiosangiogo@gmail.com](mailto:fabiosangiogo@gmail.com) ou do orientador: [bebeto@ced.ufsc.br](mailto:bebeto@ced.ufsc.br). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Trindade, CEP: 88040-900 – Florianópolis/SC.

Florianópolis, 2011.

Cordialmente.

\_\_\_\_\_  
Fábio André Sangiogo

De acordo.  
Prof. Dr. Carlos Alberto Marques

## CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO (Assinado pelo(a) estudante)

Eu, \_\_\_\_\_, RG: \_\_\_\_\_, abaixo assinado, aceito participar da pesquisa: “*Representações de Estruturas Submicroscópicas no Processo de Ensino e Aprendizagem de Ciências do Ensino Médio: limites e potencialidades*”. Declaro que fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) sobre a pesquisa. Além disso, estou ciente de que receberei uma cópia desse documento e que, a qualquer momento, poderei retirar meu consentimento sem que isto me leve a qualquer penalidade ou prejuízo, comunicando o doutorando (Fábio André Sangiogo) ou orientador (Carlos Alberto Marques) pelo telefone ou e-mail.

Florianópolis, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

## CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO (Assinado pelos pais e/ou responsáveis)

Eu, \_\_\_\_\_, RG: \_\_\_\_\_, abaixo assinado, responsável pelo aluno(a): \_\_\_\_\_ do \_\_\_\_\_ ano do Ensino Médio, turma: \_\_\_\_\_, autorizo sua participação na pesquisa: “*Representações de Estruturas Submicroscópicas no Processo de Ensino e Aprendizagem de Ciências do Ensino Médio: limites e potencialidades*”. Declaro que fui devidamente informado e esclarecido sobre a pesquisa. Além disso, estou ciente de que receberei uma cópia desse documento e que, a qualquer momento, poderei retirar meu consentimento sem que isto me leve a qualquer penalidade ou prejuízo, comunicando o doutorando (Fábio André Sangiogo) ou orientador (Carlos Alberto Marques) pelo telefone ou e-mail

Florianópolis, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, de 2011.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

## Apêndice II – Questionário I

ESTADO DE SANTA CATARINA  
ESCOLA X  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/2011 Turma: \_\_\_\_\_  
Idade: \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

1) É cada vez mais comum notícias em jornais, revistas e TVs que envolvem casos de poluição da água, da terra e do ar.

Escreva o que você entende sobre o que é a **poluição**.

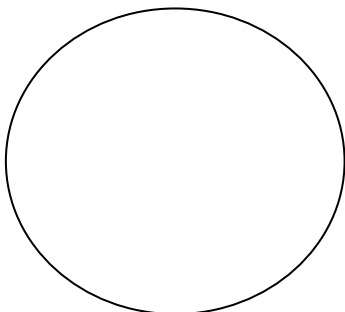
Cite algum exemplo de poluição que você conhece.

2) Você considera adequado o ar que você respira no seu dia a dia? Por quê?

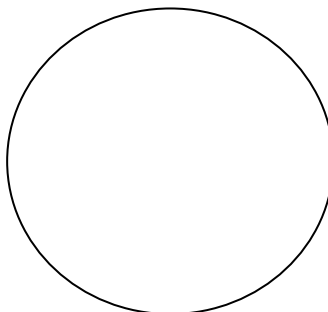
3) Do que é formado/constituído o ar que você respira? Ele pode ser modificado? Como?

4) Com seus conhecimentos de ciências e química, represente (*desenhando nos círculos abaixo*) uma porção de ar que você considera poluído e uma porção de ar que você considera adequado para respirar. Explique as suas representações.

Ar poluído



Ar não poluído



### Apêndice III – Questionário II: atividade sobre diferentes porções de Ar

ESTADO DE SANTA CATARINA - SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO - ESCOLA X  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/2011. Turma: \_\_\_\_\_

#### Exercício:

1) Foi discutido nas aulas de Química que a composição do ar atmosférico pode ser modificada e pode ser diferente em diferentes lugares ou regiões. Faça uma representação (desenho) de cada uma das misturas que constituem uma porção de ar atmosférico considerando os dados, dos Quadros, que seguem:

**Quadro 1:** Constituição do ar presente em uma sala de aula.

Componente do ar	Concentração em %
$N_2(g)$ – gás nitrogênio	70%
$O_2(g)$ – gás oxigênio	16%
$H_2O(g)$ – vapor de água	5%
Material particulado <sub>(s)</sub>	5%
$Ar(g)$ - argônio	2%
$CO_2(g)$ – gás carbônico	2%

Explique a sua representação.

**Quadro 02:** Constituição do ar atmosférico próximo ao vulcão Puyehue, no Chile.

Componente do ar	Concentração em %
$N_2(g)$ – gás nitrogênio	30%
$CO_2(g)$ – gás carbônico	25%
$H_2O(g)$ – vapor de água	15%
Material particulado <sub>(s)</sub>	15%
$SO_2(g)$ - dióxido de enxofre	10%
$O_2(g)$ – gás oxigênio	5%

Explique a sua representação.

### Apêndice IV – Questionário III

ESTADO DE SANTA CATARINA - SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO -  
ESCOLA X  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

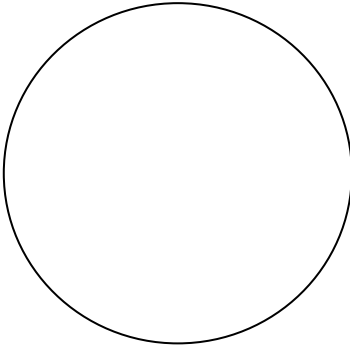
Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/2011. Turma: \_\_\_\_\_

1) Marque Verdadeiro (V) ou Falso (F) nas afirmações que seguem. **Justifique as afirmações falsas:**

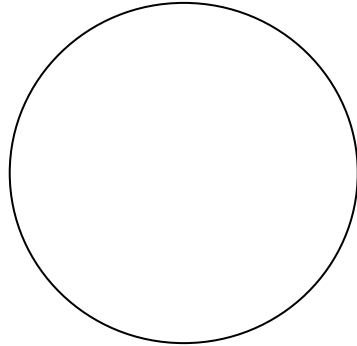
- A. ( ) O ser humano respira e se alimenta de uma mistura de substâncias que são formadas por átomos e moléculas.
- B. ( ) As substâncias constituem/formam os átomos e moléculas.
- C. ( ) A constituição do Ar presente em uma sala de aula **não** é modificada quando os alunos ocupam o seu espaço.
- D. ( ) Quando se faz uma representação de um átomo ou uma molécula, a mesma se refere a uma fotografia do átomo ou da molécula.
- E. ( ) O **Ar não poluído** é constituído apenas por gás oxigênio (O<sub>2</sub>(g)).
- F. ( ) As substâncias que constituem o Ar encontram-se bastante livres, estão em movimento, sofrem colisões entre si e sofrem a ação da gravidade.
- G. ( ) A alteração na temperatura e na pressão **não altera** o volume que ocupa um gás.
- H. ( ) Os problemas respiratórios, o aquecimento global, a chuva ácida e o buraco na camada de ozônio são resultantes unicamente dos processos naturais da terra.
- I. ( ) O vento, a chuva e a temperatura também interferem na concentração da constituição de partículas presentes no Ar atmosférico.
- J. ( ) A equação química de ferrugem ou oxidação do ferro pode ser representada por:  
 $2\text{Fe}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{FeO}(s)$ . Dois mols ou átomos de Fe e 1 mol ou moléculas de O<sub>2</sub>(g) deixam de existir e forma-se 2 mols ou moléculas de FeO(s). Ou seja, o gás oxigênio presente no ar não reage com o ferro.
- K. ( ) Para aprender química eu **não** preciso usar da imaginação e de uma linguagem específica (a exemplo do que é átomo, substância, mistura, concentração, etc.).
- L. ( ) As ideias de átomo e substância sempre existiram e decorrem da explicação de **um** cientista.

2) Pensando nos conhecimentos de ciências e química que você possui agora (depois das aulas envolvendo a poluição do Ar): A) **Represente em nível submicroscópico** (*desenhando nos círculos abaixo*) uma porção de ar que você considera poluído e uma porção de Ar que você considera adequada para respirar. B) **Explique as suas representações.**

Ar poluído



Ar não poluído



C) Considerando o que você estudou até agora, escreva a sua compreensão sobre o que é a **Poluição do Ar**. Cite efeitos/problemas relacionados à poluição do Ar.

3) Explique a representação que se refere a compressão do ar em uma seringa. O que representa as bolinhas no interior da seringa? Qual a diferença do “Antes” e do “Depois”?

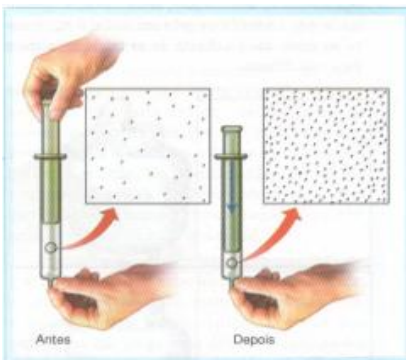
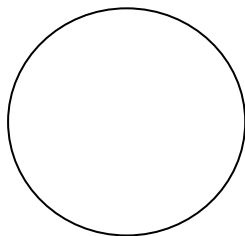


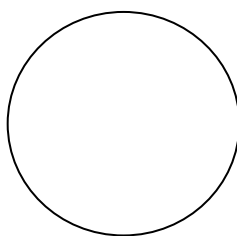
Figura 4-18: Modelo para o ar sendo comprimido na seringa.



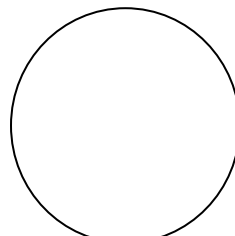
4) Tendo em vista os conhecimentos discutidos nas aulas. A) Represente (em nível submicroscópico) uma porção de substância presente no estado sólido, líquido e gasoso.



Sólido



Líquido



Gasoso

B) Qual é a substância representada?

C) Explique as representações que você fez.

5) Nas aulas envolvendo a “Poluição do Ar” foram apresentadas e discutidas imagens que representam átomos, moléculas e substâncias que constituem o Ar. Pergunta-se:

A) É possível ver os átomos ou moléculas ao colocá-los em um microscópio? Por quê?

B) Você considera importante ou desnecessário o uso de imagens e representações para aprender sobre a química que está presente no seu dia a dia? As representações ajudam ou atrapalham no seu aprendizado? Por quê?

C) Você tem algum comentário ou sugestão sobre as aulas desenvolvidas sobre a “Poluição do Ar: o ar que respiramos”?

**Apêndice V – Atividade com tirinhas e produção de texto**

**ESTADO DE SANTA CATARINA - SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO - ESCOLA X**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Nomes: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/2011. Turma 155

**Atividade em Dupla:**

Escolha uma das tirinhas abaixo e construa um texto, pode ser informativo, argumentativo ou na forma de diálogo, levando-se em consideração as discussões desenvolvidas nas aulas de Química (OBS: utilize as palavras átomo(s), molécula(s), substância(s), mistura, partículas, concentração).



visite: [www.fabianocartunista.com](http://www.fabianocartunista.com)



Clôvis Lima

**Apêndice VI – Folha entregue durante a entrevista/reunião**

Como você interpreta a equação química:  $2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Qual a diferença na representação?



Qual a diferença?



Qual a diferença?

