

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

O PROCESSO CRIATIVO NA APRENDIZAGEM DAS TRANSFORMAÇÕES
QUÍMICAS: UMA PROPOSTA PARA ESTUDANTES CONSTRUÍREM NOVOS
CONHECIMENTOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

DANIELA RODRIGUES DA SILVA

Porto Alegre, RS
2014

DANIELA RODRIGUES DA SILVA

O PROCESSO CRIATIVO NA APRENDIZAGEM DAS TRANSFORMAÇÕES
QUÍMICAS: UMA PROPOSTA PARA ESTUDANTES CONSTRUÍREM NOVOS
CONHECIMENTOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

LINHA DE PESQUISA:
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM NA ESCOLA, NA
UNIVERSIDADE E NO LABORATÓRIO DE PESQUISA

Tese apresentada à Banca Examinadora
do Programa de Pós – Graduação em
Educação em Ciências: Química da Vida
e Saúde da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como exigência parcial
para obtenção do título de Doutora em
Educação em Ciências

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ CLÁUDIO DEL PINO

Porto Alegre, RS
2014

DANIELA RODRIGUES DA SILVA

O PROCESSO CRIATIVO NA APRENDIZAGEM DAS TRANSFORMAÇÕES
QUÍMICAS: UMA PROPOSTA PARA ESTUDANTES CONSTRUÍREM NOVOS
CONHECIMENTOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Tese apresentada à Banca Examinadora
do Programa de Pós – Graduação em
Educação em Ciências: Química da Vida
e Saúde da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como exigência parcial
para obtenção do título de Doutora em
Educação em Ciências

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Profa. Dra. MAIRA FERREIRA

Profa. Dra. MARLI DALLAGNOL FRISON

Prof. Dr. VERNO KRÜGER

Prof. Dr. JOSÉ CLÁUDIO DEL PINO (orientador)

Dedico esta tese à minha família.

Agradecimentos

Ao Professor José Cláudio Del Pino, exemplo de professor e pesquisador comprometido com a melhoria da educação do nosso País. Pelas orientações motivadoras que, em momentos de desequilíbrio possibilitaram as condições necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa, e pelos ensinamentos que me permitiram olhar mais longe, sempre com respeito, amorosidade e alegria.

Aos Professores Maira Ferreira, Marli Dallagnol Frison e Verno Krüger, pelas contribuições preciosas desde a qualificação, e pelos ensinamentos sobre como indicar caminhos possíveis com o cuidado e o respeito que se tornaram incentivo e motivação para que eu buscasse meios para qualificar esta tese.

Ao Professor Juan Ignacio Pozo, pela coorientação e oportunidade de vivenciar um estágio na Faculdade de Psicologia da Universidad Autónoma de Madrid, e por compartilhar conhecimentos importantes para a análise dos resultados obtidos com esta investigação, ampliando minhas reflexões e meu modo de compreender as relações entre a pesquisa e o ensino.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, instituição que possibilitou a realização de um sonho, pesquisar o meu fazer, o fazer de uma professora que encontrou no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, o espaço e o tempo para que as dúvidas se transformassem em caminhos para aprender.

À CAPES, pela bolsa do Programa Institucional de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE), uma oportunidade de vivenciar um estágio em uma Universidade estrangeira, e assim, ampliar minha visão sobre as possibilidades de análise para os resultados desta tese.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Câmpus Canoas, instituição em que atuo como professora do ensino básico, técnico e tecnológico, pela oportunidade de realizar a etapa final desta pesquisa afastada das minhas atividades docentes.

Aos meus colegas de trabalho do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, em especial aos meus companheiros do projeto de pesquisa, que mesmo à distância garantiram a continuidade das ações para que concluíssemos a proposição do objeto educacional PensaQui.

À Nina V. Xavier, diretora da Escola Estadual onde parte desta investigação foi realizada, e que prontamente abriu espaço para que eu pudesse conversar com os estudantes e apresentar a proposta a ser desenvolvida.

Aos estudantes e professores que participaram desta pesquisa, pela parceria, interesse, alegria e compromisso demonstrado, em especial à bolsista Érika.

À Professora Gabriela Perry e aos bolsistas do NAPEAD/UFRGS, por acreditarem na proposta do PensaQui, e pelo trabalho realizado em conjunto com o nosso grupo de pesquisa do IFRS- Câmpus Canoas.

À minha família, pelo carinho e força que me ajudaram a persistir no meu propósito, e em especial ao meu esposo Rodrigo, pela parceria, cuidado e amor de todos os momentos.

Resumo

Esta tese propõe-se a analisar o processo de construção de conhecimentos de estudantes ingressantes do Ensino Médio, ao participarem de atividades organizadas como uma proposta de ensino e aprendizagem, elaborada a partir de pressupostos considerados fundamentais para o estudo das transformações químicas. Para tanto, está estruturada em quatro capítulos constituídos por três estudos de caso, além da apresentação de um objeto educacional mediado pelo uso do computador para o estudo das transformações químicas. No primeiro capítulo buscou-se a compreensão de dezenove professores de diferentes níveis e modalidades de ensino sobre o que é necessário para que estudantes aprendam química, e como eles entendem a criatividade neste processo, e ainda, quais as características do planejamento e as dificuldades de desenvolvimento das ações elaboradas nas aulas de química. No segundo capítulo, a contação de histórias e a resolução de problemas em lápis e papel são utilizadas para analisar as teorias implícitas de dezessete estudantes do primeiro ano de um curso técnico integrado ao ensino médio, de uma instituição pública de Canoas - RS, a respeito de situações envolvendo transformações químicas. A partir dos resultados obtidos nesses dois estudos de caso, uma Proposta de Ensino e Aprendizagem (PEA) foi elaborada segundo pressupostos que compreendem conceitos, formas de abordagem e estratégias, organizados por meio dos estudos de Pozo (2008), Pozo e Gómez Crespo (2009), Johnstone (2000) e Pozo e Echeverría (1998), com a qual foi desenvolvido o terceiro estudo de caso, realizado com estudantes do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública de Porto Alegre - RS. A análise de Conteúdo (BARDIN, 2009) foi utilizada para dar conta do tratamento dos resultados obtidos nos três estudos de caso que constituem esta investigação. Além disso, com os mesmos pressupostos da PEA, adaptados ao contexto de um objeto educacional mediado pelo uso do computador, o PensaQui constitui-se como uma ferramenta para professores diagnosticarem as noções de seus estudantes a respeito das transformações químicas, e ao mesmo tempo, propor o estudo de conceitos fundamentais ligados ao tema. Neste contexto, defende-se a tese de que a compreensão de conceitos fundamentais que estruturam processos envolvendo transformações químicas, foco de estudo ao longo dos três anos do ensino médio, perpassa pela necessidade de tomada de consciência por parte dos estudantes a respeito das diferenças entre suas teorias implícitas, estruturadas basicamente pelo nível macroscópico, e as teorias científicas organizadas a partir de modelos abstratos – nível simbólico e submicroscópico-, possibilitando a mudança conceitual enquanto reestruturação e integração de conhecimentos em função da criação de novos modos de compreender um mesmo fenômeno. Ainda, argumenta-se em favor de que, logo no início do ensino médio os professores criem condições para que seus estudantes representem a matéria como algo descontínuo, utilizando o modelo cinético corpuscular da matéria, e a conservação das propriedades não observáveis, como pressupostos para interpretação das situações em estudo.

Palavras – Chave: ensino, aprendizagem, transformações químicas, conhecimentos dos estudantes.

Abstract

This thesis aims at analyzing how high school first-year students build knowledge by taking part in activities organized as a teaching and learning proposal, designed on the basis of key assumptions to the study of chemical transformations. The study is organized in four chapters, in which three case studies, as well as a computer-mediated educational object designed to the study of chemical transformations are presented. The first chapter seeks to understand a) how nineteen teachers in different levels and teaching modalities view what is needed for students to learn chemistry; b) how they view creativity in this process; c) the characteristics of their lesson plans and d) the difficulties faced throughout practical implementation in chemistry classes. In the second chapter, storytelling and problem solving in pencil and paper are used to analyze the implicit theories that seventeen first-year students in a high school technical course at a public school in Canoas – Rio Grande do Sul have about situations involving chemical transformations. From the results obtained in these two case studies, a Teaching and Learning Proposal (PEA) was elaborated based on concepts, approaches and strategies developed by Pozo (2008), Pozo and Gómez Crespo (2009), Johnstone (2000) and Pozo and Echeverría (1998). This proposal guided the development of the third case study, performed with high school first-year students at a public school in Porto Alegre – Rio Grande do Sul. Content analysis (BARDIN, 2009) was used to process the results obtained in the three case studies. The PensaQui, a computer-mediated educational object based on the same assumptions of the PEA was established as a tool for teachers to access students' notions about chemical transformations and, at the same time, propose the study of key concepts related to the topic. In this context, it is argued the thesis that to be able to understand such concepts students should be aware of the differences between their implicit theories – structured mainly on the macroscopic level – and scientific theories based on abstract models – symbolic and submicroscopic level –, so that the conceptual change resulting from new forms of understanding the same phenomenon can facilitate the restructuring and integration of knowledge. The arguments presented in this study support the idea that, early in high school, teachers should create conditions for their students to represent matter as something discontinuous by using the corpuscular kinetic model of matter and the conservation of unobservable properties as assumptions to interpret the situations studied.

Key-words: Teaching, learning, chemical transformations, students' knowledge

Sumário

Introdução	12
Objetivo Geral.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Estratégias Metodológicas	17
Capítulo 1	21
O que é necessário para que estudantes aprendam? A visão de professores a respeito da criatividade na aprendizagem em química	21
1.1 Considerações iniciais	21
1.2 Caminhos da investigação com professores.....	24
1.3 Respostas dos professores	26
1.4 Considerações Finais	40
Capítulo 2	42
Como os estudantes explicam transformações químicas quando ingressam no ensino médio? Um estudo de caso no IFRS - Câmpus Canoas.....	42
2.1 Considerações Iniciais	42
2.2 Contaçaõ de Histórias	44
2.2.1 Caminhos para conhecer as noções dos estudantes	45
2.2.2 Análise dos resultados.....	49
2.2.2.1 História 1 – Bolhas na vida de Maria Clara.....	49
2.2.2.2 História 2 – João Francisco e suas experiências com a queima de materiais.....	55
2.2.2.3 História 3 – As aventuras de Eduardo e Ezequiel com materiais de construção.....	65
2.2.2.4 História 4 – Antônia e seu tempo de criança	72
2.2.3 Considerações finais: O que as explicações dos estudantes sobre os fatos presentes nas histórias nos indicam?	78
2.3 Resolução de Problema em Lápis e Papel: Concepções de estudantes sobre um processo envolvendo uma combustão.....	81
2.3.1 Caminhos para conhecer as concepções dos estudantes	82
2.3.2 Análise dos resultados.....	84
2.3.2.1 A combustão como uma transformação química.....	84
2.3.2.2 Dos reagentes aos produtos	85
2.3.2.3 Conservação da massa	92
2.3.3 Considerações Finais: O que as explicações dos estudantes sobre os fatos presentes na resolução de problema nos indicam	96
2.4 Conclusões.....	98
Capítulo 3	100

Proposta de Ensino e Aprendizagem (PEA): Possibilidades para a construção de conhecimento sobre as transformações químicas por estudantes da educação básica.....	100
3.1 Diálogos reflexivos.....	100
3.1.1 Teorias implícitas e Teorias Científicas.....	101
3.1.2 A mudança conceitual como possibilidade para a construção de conhecimentos nas aulas de química.....	103
3.2 A Proposta de Ensino e Aprendizagem (PEA).....	107
3.2.1 Conceitos.....	109
3.2.2 Formas de abordagem.....	112
3.2.3 Estratégias.....	114
3.2.4 Etapas da Proposta de Ensino e Aprendizagem.....	116
3.3 Caminhos Metodológicos.....	123
3.4 Análise dos Resultados.....	125
3.4.1 – Caso a Caso.....	126
3.4.2 Subcategorias.....	153
3.5 Considerações Finais.....	161
Capítulo 4.....	164
PensaQui: um objeto educacional sobre as transformações químicas.....	164
4.1 Por que um objeto educacional?.....	164
4.2 A Concepção do PensaQui.....	165
4.3 Elaboração do PensaQui.....	168
4.4 O Objeto Educacional PensaQui.....	169
4.5 Considerações Finais.....	180
Considerações Finais: a definição de novos caminhos.....	181
Referências.....	188
APÊNDICE 1.....	194
APÊNDICE 2.....	197
APÊNDICE 3.....	200

Índice de quadros e figuras

Quadros

Quadro 1: Perguntas do questionário enviado aos professores, com seus objetivos respectivos objetivos.....	24
Quadro 2: Categorias correspondentes às respostas das histórias 1, 2 e 3.....	48
Quadro 3: Objetivos das questões que constituem a situação problema e categorias encontradas.....	83
Quadro 4: Síntese das ideias explicitadas pelos estudantes durante a participação nas atividades que envolveram o estudo da variação do volume em função da variação da temperatura.....	154
Quadro 5: Síntese das ideias explicitadas pelos estudantes durante a participação nas atividades que envolveram o estudo da variação do volume em função da variação da pressão.....	155
Quadro 6: Síntese das ideias explicitadas pelos estudantes durante a participação de atividades que envolveram o estudo da reações químicas e das mudanças de estado físico.....	156
Quadro 7: Síntese das ideias explicitadas pelos estudantes durante a participação nas atividades que envolveram o estudo da dissolução de um sólido em um líquido.....	158
Quadro 8: Respostas dos estudantes no pré-teste.....	159
Quadro 9: Respostas dos estudantes no pós-teste.....	159

Figuras

Figura 1: Categorias relativas às respostas dos professores de química às perguntas 1, 3 e 4.....	26
Figura 2: Síntese com as principais ideias dos professores sobre a importância da criatividade no processo de aprendizagem dos estudantes.....	32
Figura 3: Desenhos de Pablo, Bruno e Lauro representando a queima do metano, com a representação do oxigênio na transformação.....	87
Figura 4: Desenho do estudante Cássio para a queima do metano.....	88
Figura 5: Desenhos de Fabrício, Talita e Camile representando a queima do metano.....	89
Figura 6: Desenho de Rodolfo para a queima do metano.....	91
Figura 7: Desenhos de Magali e Bárbara para representar a queima do metano.....	92
Figura 8: Desenhos de Dalton, George e Julian, respectivamente, para representar a queima do metano.....	95
Figura 9: Desenhos das estudantes Diana, Iara e Olga representando a queima do metano.....	96
Figura 10: Pressupostos constituidores da PEA.....	108
Figura 11: Atividade experimental do encontro 1.....	118
Figura 12: Atividade 4 do encontro 2.....	120
Figura 13: Pressupostos constituidores do objeto educacional PensaQui.....	167

Figura 14: Tela inicial do OE em formato de história em quadrinhos, os personagens na cozinha da Maria Clara, formação de bolhas a partir do comprimido efervescente e a representação de uma panela no fogo com água fervente.....	169
Figura 15: Personagens na escola.....	170
Figura 16: Maria Clara com sua mãe na cozinha.....	170
Figura 17: Formação de bolhas no copo.....	171
Figura 18: Formação de bolhas na panela.....	171
Figura 19: Maria Clara pensando sobre os fatos observados.....	171
Figura 20: Espaço para o estudante escrever o que pensa sobre os fatos.....	172
Figura 21: Hipóteses dos personagens sobre a formação de bolhas na panela.....	172
Figura 22: Espaço para o estudante reelaborar a explicação inicial.....	173
Figura 23: Texto sobre as formas de abordagem.....	173
Figura 24: Texto sobre a conservação da substância na mudança de estado físico.....	174
Figura 25: Texto sobre o modelo corpuscular da matéria (animação – nível submicroscópico).....	174
Figura 26: Espaço para o estudante reelaborar sua explicação.....	175
Figura 27: Espaço para o estudante escrever suas explicações sobre o fato do copo.....	175
Figura 28: Hipóteses dos personagens sobre a formação de bolhas no copo.....	176
Figura 29: Espaço para o estudante reelaborar sua explicação.....	176
Figura 30: Texto sobre a reação química que ocorre no copo.....	177
Figura 31: Texto sobre as reações químicas.....	177
Figura 32: Texto com outro exemplo de reação química (animação – nível submicroscópico).....	178
Figura 33: Espaço para o estudante reelaborar sua explicação.....	178
Figura 34: Cena final do objeto.....	179

Introdução

Ensinar química para mim significa criar condições para que os estudantes compreendam os conhecimentos construídos por essa ciência. No entanto, esse desejo traz consigo inúmeras perguntas, como por exemplo, de que forma posso analisar e qualificar os processos de ensino e aprendizagem pelo qual sou responsável enquanto docente? Por que os estudantes têm dificuldades em entender conceitos da química, ou mesmo dar sentido a aquilo que nós, professores consideramos tão interessante e importante para ampliar nossa compreensão a respeito da realidade?

Segundo Lopes (1999, p.217), “um dos objetivos do trabalho de pesquisa deve ser o de elaborar estratégias e metodologias de ensino que tenham em vista entender por que o aluno não compreende, visando suplantar obstáculos pedagógicos”. Estes obstáculos pedagógicos, de acordo com Bachelard (1996) estão relacionados ao fato de professores de ciência não compreenderem que alguém não compreende, e ainda, de eles não levarem em conta que o adolescente entra na aula com conhecimentos empíricos já construídos e sedimentados pela vida cotidiana. E é nas instituições de ensino que esses conhecimentos, cotidiano e científico, estarão presentes e precisarão ser identificados e diferenciados. O conhecimento científico e o conhecimento cotidiano se mostram como campos que diretamente se inter-relacionam com o conhecimento escolar nas ciências físicas, mas não sem contradições (LOPES, 1999, p.104).

A partir do trabalho de Lopes (1999), entendo que o conhecimento escolar não corresponde ao conhecimento científico e nem ao conhecimento cotidiano, mas compõe uma instância própria de conhecimento que emerge do diálogo entre eles, ou seja, constitui-se no processo de interação entre conhecimentos distintos que são reorganizados para serem compartilhados socialmente. Segundo a própria autora, o conhecimento escolar envolve a (re)construção do conhecimento científico e não pode perder de vista a (re)construção do conhecimento cotidiano, na medida em que devemos conceber a escola como uma instituição que tem por objetivo contribuir para questionar as concepções cotidianas de todos nós.

Nesse sentido, considero fundamental aceitarmos e buscarmos entender as possibilidades e desafios inerentes à pluralidade de conhecimentos pertencentes às instituições de ensino, e o quanto é complexo para o professor a definição de ações que garantam aos estudantes a tomada de consciência sobre suas próprias teorias individuais, e ainda, a compreensão das teorias que são objeto de estudo nas aulas de química.

Acredito que a construção de novos conhecimentos oportunizados pelas aulas de química não ocorre por acumulação, pelo estabelecimento de uma continuidade entre conhecimento cotidiano e o conhecimento científico, nem mesmo pela aniquilação das compreensões oriundas do cotidiano, como se aprender significasse suprimi-las. Há construção de conhecimentos quando o que é aprendido resulta da

interação entre as novas informações que são objeto de estudo e os conhecimentos prévios dos estudantes, de modo que os conhecimentos são reestruturados e permitam novas representações sobre o mundo e os objetos, assim não é somente o mundo que ganha novas formas de interpretação, mas o próprio olhar do estudante sobre o mundo é modificado, tornando-se mais potente especialmente quanto à necessidade de maior abstração demandada pelos modelos da química.

Para Pozo e Gómez Crespo (2009), esse processo de aprendizagem deve promover uma diferenciação e uma integração hierárquica entre diferentes tipos de conhecimentos, concebidos não só como modelos alternativos, e sim como níveis alternativos de análise ou de representação de um mesmo problema. Desse modo, o estudante construirá novos conhecimentos pertencentes a novas estruturas conceituais, que redescobrirão suas interpretações sobre um mesmo fenômeno, dentro de estruturas mais complexas. Todavia, se essa reestruturação não acontece, os conceitos das novas teorias são incorporados como pertencentes a um mesmo nível de análise, e assim, conhecimentos cotidianos e científicos acabam sendo reconhecidos como fazendo parte da mesma natureza realista.

Então, se os estudantes com quem trabalhamos têm explicações distintas das que serão objeto de estudo no ambiente escolar, e essas explicações são fundamentadas por concepções elaboradas de modo espontâneo, na tentativa de dar sentido ao modo de perceber o mundo (GÓMEZ CRESPO, 2005), é fundamental que o professor conheça quais são essas ideias, e ainda, reconheça a necessidade de planejar e desenvolver atividades que permitam aos estudantes compreender as diferenças entre a sua forma de explicar o mundo e as novas possibilidades oportunizadas pelo conhecimento científico.

Cabe ressaltar que há várias formas de nomear as explicações elaboradas pelos estudantes, dependendo do aporte teórico com que são abordadas. De acordo com Andersson (1986), o professor responsável pela instrução, que acha que ele tem feito um bom trabalho, está inclinado a chamar respostas dos alunos de equívocos (misconceptions), já os pesquisadores da educação científica que tentam entender o modo de raciocínio dos alunos podem utilizar as designações como raciocínio espontâneo, concepções alternativas ou ciência das crianças. Para esta investigação, defendo que os sujeitos não são seres vazios que precisam ser preenchidos com conhecimentos transmitidos pela escola, e por isso, busco, entre outras coisas, conhecer como eles explicam os fenômenos a sua volta de acordo com os conhecimentos que eles construíram ao longo de suas vidas, a partir das regularidades percebidas, de modo não consciente, ou seja, procuro identificar suas teorias implícitas (POZO, 2008).

É bem possível que muitos professores entendam que conhecer as teorias implícitas dos estudantes, e considerá-las para a organização das aulas torna-se um trabalho impossível na realidade escolar atual, com turmas compostas por um grande

número de estudantes. Todavia, preciso enfatizar que isso não é verdadeiro, e justifico meu ponto de vista por meio de um exemplo particular vivenciado por mim, entre muitas outras experiências de colegas professores pesquisadores que poderiam ser descritas.

Durante a pesquisa de mestrado, elaborei e desenvolvi uma proposta curricular para a disciplina de ciências, diferente da tradicionalmente utilizada na oitava série do ensino fundamental, e enquanto professora pesquisadora, acompanhei o processo de ensino e aprendizagem de trinta estudantes, aula a aula, durante todo o ano letivo numa escola pública de Porto Alegre. Os conteúdos foram abordados a partir de temas de interesse escolhidos pelos estudantes, e as estratégias utilizadas foram adaptadas de acordo com as características do grupo, entre elas, o primeiro contato, atividade utilizada para conhecer as concepções dos estudantes a respeito dos conceitos que seriam estudados em seguida, a resolução de problemas como meio de inquietar os estudantes motivando-os a ir além do que era exigido em um exercício, a realização de atividades experimentais, entre outros (SILVA e DEL PINO, 2009).

Essa experiência de construção de conhecimento em sala de aula modificou significativamente a minha forma de entender a docência e as possibilidades que ela me oferece, da mesma forma permitiu que eu reconstruísse o modo como entendo o ambiente das instituições de ensino e as oportunidades de crescimento pessoal e profissional que temos dentro delas. Antes eu me via como uma executora de ações pensadas por outros, hoje me sinto construtora de conhecimentos, alguém que pode e deve, por meio do diálogo entre ensino e pesquisa, refletir a respeito da sua realidade e, em um movimento contínuo de reflexão e ação, modificar para melhor a prática que realiza.

Desde então, venho desenvolvendo atividades que me levaram cada vez mais a analisar as ideias dos estudantes com quem trabalho, e buscar alternativas para torná-las conscientes e problematizá-las, de tal modo que, investigar a construção de conhecimentos novos por parte dos estudantes do ensino médio, na disciplina de química, transformou-se no principal objetivo do meu projeto de tese.

No entanto, eu tinha que delimitar o foco de estudo e escolher sobre quais conhecimentos fundamentais dessa área direcionaria meu olhar, assim, em função da indiscutível relevância que o estudo das transformações químicas tem dentro da disciplina de química, seja iniciando pela abordagem mais superficial oportunizada na oitava série/nono ano do ensino fundamental, na disciplina de ciências, ou na graduação em disciplinas específicas da química analítica, da orgânica, inorgânica ou físico-química, este foi o tema selecionado. Além disso, a hipótese oriunda da prática docente, de que muitos estudantes concluem o ensino básico sem compreender os conceitos fundamentais que estruturam o estudo das transformações químicas, fortalecida pelos resultados de pesquisas (ANDERSSON 1986, 1990; DRIVER, 1992; POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009; MORTIMER e MIRANDA, 1995; BARKER, 2000) que

divulgam os “erros conceituais” encontrados nas concepções, inclusive de adultos que já concluíram a formação básica, justificam a escolha das transformações químicas como tema principal da pesquisa.

Como esse tema já foi bastante pesquisado nos anos oitenta e noventa do século XX, considerei que seria relevante iniciar esta pesquisa com a seguinte indagação:

Na atualidade, como os estudantes explicam situações que envolvam transformações químicas?

E, além disso, outra pergunta latente no início da pesquisa voltava-se para a visão dos outros sujeitos envolvidos nesse processo, os professores:

Como os professores explicam o que é necessário para que estudantes aprendam química? Quais as maiores dificuldades para executar seus planejamentos? Qual a relação entre a criatividade e aprender química para professores de química?

Essas perguntas iniciais resultaram em estudos de caso, que constituem a primeira parte da tese, denominada **Diagnosticando necessidades**, formada pelos dois capítulos iniciais. Contudo, a análise dos resultados obtidos nesta etapa, permitiu a definição dos questionamentos seguintes que guiaram a continuidade da investigação:

Como elaborar uma proposta de ensino e aprendizagem onde as necessidades diagnosticadas nos estudos com estudantes e professores possam ser contempladas? Quais são os pressupostos fundamentais que devem ser considerados por professores de química na elaboração atividades para iniciar o estudo das transformações químicas? Como ajudar professores de química a refletir sobre a complexidade que envolve a compreensão de conceitos fundamentais dessa ciência? Quais as estratégias metodológicas que possibilitariam aos professores e aos estudantes a tomada de consciência sobre as teorias implícitas do grupo específico a que pertencem? E quais os meios para diferenciá-las das teorias científicas que são objeto de estudo nas aulas de química?

Os movimentos que resultaram da busca por responder a esses questionamentos constituem a segunda parte da tese, denominada **Construindo alternativas** - capítulos três e quatro.

Assim, a proposição desta pesquisa vincula-se a necessidade de caracterizar pressupostos fundamentais, quanto aos conceitos, estratégias metodológicas e níveis de representação, que precisam ser considerados por professores para a organização de situações de ensino e a aprendizagem que envolvam o estudo das transformações no início do ensino médio. Acredito que, é no início do ensino médio que os estudantes devem conhecer e, gradativamente, apropriarem-se dos distintos níveis de representação utilizados pela química, exercitando a elaboração de modelos abstratos que fundamentarão os estudos futuros, para a proposição de explicações nos distintos

níveis, com o reconhecimento das limitações e possibilidades que cada um deles oferece. Ainda, eles precisam aprender a importância da explicitação de ideias e do diálogo como caminhos inerentes à (re)construção de conhecimentos na escola.

Neste contexto, defendo a tese de que a compreensão de conceitos fundamentais que estruturam processos envolvendo transformações químicas, foco de estudo ao longo dos três anos do ensino médio, perpassa pela necessidade de tomada de consciência por parte dos estudantes a respeito das diferenças entre suas teorias implícitas, estruturadas basicamente pelo nível macroscópico, e as teorias científicas organizadas a partir de modelos abstratos – nível simbólico e submicroscópico-, possibilitando a mudança conceitual enquanto reestruturação e integração de conhecimentos em função da criação de novos modos de compreender um mesmo fenômeno.

Desse modo, são considerados objetivos desta investigação:

Objetivo Geral

Analisar o processo de construção de conhecimentos de estudantes ingressantes do Ensino Médio ao participarem de atividades organizadas como uma proposta de ensino e aprendizagem, elaborada a partir de pressupostos considerados fundamentais para o estudo das transformações químicas.

Objetivos Específicos

- a) Conhecer as teorias implícitas de estudantes ingressantes no ensino médio a respeito de fatos envolvendo transformações químicas vivenciadas no cotidiano;
- b) Diagnosticar a compreensão de professores de química de diferentes níveis/modalidades de ensino sobre o que é necessário para que estudantes aprendam química, como eles explicam a criatividade nos processos de ensino e aprendizagem, e quais as maiores dificuldades para executar os planejamentos realizados para as aulas de química;
- c) Elaborar uma proposta de ensino e aprendizagem para o estudo das transformações químicas fundamentada por pressupostos teóricos e pelas necessidades apresentadas pelos estudantes nessa pesquisa;
- d) Acompanhar e avaliar o processo de construção de conhecimentos de estudantes do primeiro ano do ensino médio, durante o desenvolvimento de uma proposta de ensino e aprendizagem para o estudo das transformações químicas;
- e) Elaborar um objeto educacional mediado pelo uso do computador para o estudo das transformações químicas a partir dos mesmos pressupostos teóricos que fundamentam a proposta de ensino e aprendizagem.

Para tanto, a tese foi organizada para promover o entrelaçamento contínuo entre os resultados produzidos pelos estudos de caso da investigação e a reflexão estruturada em conhecimentos divulgados por pesquisas sobre ensino e a aprendizagem numa perspectiva construtivista.

Estratégias Metodológicas

A tese caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, composta por três estudos de caso (capítulos 1, 2 e 3). Conforme Ludke e André (1986, p.17), um estudo de caso pode ser similar a outro, mas é ao mesmo tempo distinto, pois tem um interesse próprio, singular. Além disso, mesmo com pressupostos teóricos iniciais, o estudo de caso demanda do investigador a atenção constante aos novos elementos que podem emergir como importantes durante a pesquisa. De acordo com León e Montero (2003), um estudo de caso precisa de um plano de investigação que passa pelas seguintes etapas: seleção e definição do caso, elaboração de uma lista de perguntas, localização das fontes de dados, análise e interpretação e elaboração do informe.

Assim, a partir da delimitação dos elementos que constituiriam a investigação e do desenvolvimento das ações planejadas, os estudos de caso permitiram compartilhar resultados que poderão ser usados por outros sujeitos como conhecimento tácito para fazer generalizações e desenvolver ideias novas, novos significados, novas compreensões (LUDKE e ANDRÉ, 1986).

A análise de conteúdo foi utilizada para análise e apresentação dos resultados dos três estudos de caso. Segundo Bardin (2009, p.44), pode-se resumir a análise de conteúdo da seguinte maneira:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Ainda, segundo esse autor, são fases da análise de conteúdo, a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. Na pré-análise, o contato com os documentos a analisar é estabelecido de modo a conhecer o texto e permitir a emergência das primeiras impressões (leitura flutuante). Nesta fase é definido o corpus, ou seja, o conjunto dos documentos tipos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos. A exploração do material envolve a escolha das unidades de registro, visando a posterior categorização. Nos três estudos de caso que serão apresentados, foram utilizados temas como unidades de registro, ou seja, recortes com motivações de opiniões, de atitudes, de valores, de crenças, etc.

Na categorização, ou seja, operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo analogias, com os critérios previamente definidos, comporta duas etapas: o inventário, quando os elementos são isolados e a classificação, quando os elementos são repartidos na procura por uma certa organização das mensagens. O procedimento utilizado para esta pesquisa foi a categorização por acervo (BARDIN, 2009), ou seja, o sistema de categorias não foi fornecido previamente, mas resultou da classificação analógica e progressiva dos elementos em cada caso. Para Moraes (1999), a emergência das categorias é resultado de um esforço, criatividade e perspicácia de parte do pesquisador, exigindo uma releitura exaustiva para definir o que é essencial em função dos objetivos propostos. Assim, uma vez determinadas as categorias, deve-se prosseguir para a descrição das mesmas, o que, segundo Moraes (1999) caracteriza o primeiro momento da comunicação. Além disso, para este autor, a análise de conteúdo não deve limitar-se à descrição, mas atingir uma compreensão mais aprofundada do conteúdo das mensagens através da inferência e interpretação. O termo inferir refere-se mais especificamente à pesquisa quantitativa. O teste inferencial de hipóteses estabelece os limites em que os achados de um estudo, geralmente feitos a partir de uma amostra, são passíveis de generalização para a população da qual a amostra provém. Já o termo interpretação está mais associado à pesquisa qualitativa, ainda que não ausente na abordagem quantitativa e liga-se ao movimento de procura de compreensão.

Desse modo, no movimento de procura pela compreensão dos resultados encontrados com os estudos de caso desenvolvidos, foram organizados quatro capítulos, resumidamente expostos a seguir:

No primeiro capítulo, estão organizados os resultados da análise das explicações elaboradas por professores de química de diferentes níveis/modalidades de ensino (Ensino Técnico, Ensino Médio, Ensino Superior de cursos de bacharelado em química, química industrial ou engenharia química e de licenciaturas em química). Esses professores responderam a um questionário, via online, e expuseram suas opiniões a respeito do que é necessário para que estudantes aprendam química, sobre como a criatividade está envolvida neste processo, sobre as características do planejamento e as dificuldades de desenvolvimento das ações elaboradas nas aulas de química. Com o título ***O que é necessário para que estudantes aprendam? A visão de professores a respeito da criatividade na aprendizagem de química***, o texto foi submetido para publicação na **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**.

O capítulo dois, ***Como os estudantes explicam transformações químicas quando ingressam no ensino médio? Um estudo de caso no IFRS - Câmpus Canoas***, apresenta a análise das teorias individuais de estudantes ingressantes no ensino médio, a respeito de situações envolvendo transformações químicas. A contação de

histórias e a resolução de problemas em lápis e papel foram as estratégias utilizadas para coletar as informações. Quatro histórias com situações distintas foram elaboradas descrevendo vivências do cotidiano dos estudantes: Bolhas na vida de Maria Clara, João Francisco e suas experiências com a queima de materiais, As aventuras de Eduardo e Ezequiel com materiais de construção e Antônia e seu tempo de Criança. A Resolução de problemas em lápis e papel aconteceu a partir de um texto com questionário sobre a combustão do metano, e foi submetida e aceita para publicação na revista **Ciência e Cognição** com o título **Como os estudantes compreendem uma reação química? Concepções sobre um processo de combustão**. Os resultados da análise da primeira história foram apresentados como comunicação oral no XVI Encontro Nacional de Ensino de Química e X Encontro de Educação Química da Bahia, em Julho de 2012, e publicado como trabalho completo nos anais do evento com o título **Bolhas na vida de Maria Clara: como os estudantes explicam fatos envolvendo uma transformação química. Antônia e seu tempo de criança: concepções de estudantes sobre o processo de ferrugem**, expõe os resultados obtidos com a quarta história e foi apresentado e publicado nos anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, realizado no período de 10 a 13 de novembro de 2013, em Águas de Lindóia – SP.

O terceiro capítulo, **Proposta de Ensino e Aprendizagem (PEA): Possibilidades para a construção de conhecimento sobre as transformações químicas por estudantes da educação básica**, inicia com algumas reflexões a respeito da mudança conceitual como possibilidade para construção de conhecimentos novos na disciplina de química, em seguida, descreve a concepção da PEA, estruturada a partir de três pressupostos teóricos que buscam atender às necessidades diagnosticadas na primeira parte do projeto de pesquisa: Núcleos conceituais, Estratégias de ensino e aprendizagem e Formas de abordagem, e por fim, apresenta a análise dos resultados obtidos com um estudo de caso, realizado com quatro estudantes do ensino médio, por meio do desenvolvimento da PEA, análise essa efetuada sob orientação do professor Juan Ignacio Pozo da Universidad Autónoma de Madrid. Até o momento, apenas uma pequena parte dos resultados foi divulgada, em um recorte denominado **A dissolução de açúcar em água: as construções de estudantes ao participarem de uma proposta de ensino e aprendizagem** apresentado como comunicação oral no XVII Encontro Nacional de Química, realizado entre 19 e 22 de agosto de 2014, em Ouro Preto/ Minas Gerais e será publicado como trabalho completo nos anais do evento.

No quarto capítulo, o **PensaQui: um objeto educacional sobre as transformações químicas** é apresentado, desde a sua concepção, dificuldades vivenciadas durante o desenvolvimento, até a proposição da versão final como um trabalho integrado entre as áreas de química, informática e design, contando com a colaboração de bolsistas e professores do Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Câmpus Canoas e do Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância- NAPEAD da

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A proposta pedagógica para elaboração do protótipo PENSAGUI foi apresentada no II Congresso Internacional TIC e Educação, em Lisboa, em novembro de 2012, e publicado nos anais do evento com o título ***A concepção de um objeto educacional para o ensino de transformações químicas.*** Além disso, com o título **PensaQui: um objeto educacional sobre transformações químicas**, foi selecionado entre os finalistas do concurso de objetos de aprendizagem da IX Conferência Latino-Americana de objetos e tecnologias de aprendizagem (LACLO 2014), realizado entre 20 e 24 de outubro de 2014 em Manizles, Colombia. Ainda, foi indicado entre os trabalhos finalistas da Feira de Projetos de Química - Feproquim, no 54° Congresso Brasileiro de Química, que aconteceu entre os dias 03 e 07 de novembro de 2014, em Natal/Rio Grande do Norte, com o título **Objeto Educacional PensaQui: uma proposta para o estudo das transformações químicas na educação básica.**

Capítulo 1

O que é necessário para que estudantes aprendam? A visão de professores a respeito da criatividade na aprendizagem em química

1.1 Considerações iniciais

Como professores de química compreendem o processo de aprendizagem de seus estudantes? Para esses profissionais, o que é necessário para que um estudante aprenda química? A vontade de conhecer quais seriam as respostas a essas perguntas na atualidade, e a possibilidade de relacioná-las com o processo de construção de novos conhecimentos por parte dos estudantes motivaram a organização desta pesquisa. A percepção de que a atividade docente engloba um processo contínuo de aprendizagem, conduz a reflexão a respeito dos conhecimentos que sustentam as práticas envolvidas no fazer vivenciado diariamente em sala de aula.

Shulman (2005) aponta vários conhecimentos como constituidores de um “conhecimento base” necessários ao professor: o conhecimento do conteúdo; o conhecimento didático geral, tendo em conta principalmente aqueles princípios e estratégias gerais de direção e organização da classe que transcendem o âmbito da disciplina; o conhecimento do currículo, com especial domínio de materiais e dos programas que servem como ferramenta para o ofício do docente; o conhecimento didático do conteúdo, essa especial amálgama entre a matéria e a pedagogia que constitui uma esfera exclusiva dos mestres, sua própria forma especial de compreensão profissional; o conhecimento dos alunos e de suas características; o conhecimento dos contextos educativos, que abarca desde o funcionamento do grupo ou da classe até a gestão e o funcionamento dos núcleos escolares, considerando as características da cultura das comunidades; o conhecimento dos objetivos, das finalidades e dos valores educativos, bem como dos seus fundamentos filosóficos e históricos. Ainda de acordo com Shulman (2005, p.9),

o processo de ensino necessariamente começa em uma circunstância em que o professor compreenda o que deve ser aprendido e como deve ser ensinado. Então passa por uma série de atividades durante as quais são ensinadas habilidades específicas e são dadas oportunidades para o aluno aprender.

Por sua vez, Nunes (2001) salienta que pesquisas sobre formação e profissão docente apontam para uma revisão da compreensão da prática pedagógica do professor, que, em sua trajetória, constrói e reconstrói seus conhecimentos conforme a necessidade de utilização dos mesmos, suas experiências, seus percursos formativos e profissionais.

Ainda, nos referencias para a formação de professores (BRASIL, 2002), são indicados níveis de conhecimento do professor, como o *conhecimento na ação*, ou seja, aquele que, interiorizado, orienta boa parte das atividades do professor, ainda que de modo inconsciente e mecânico. Há também, situações inesperadas vivenciadas pelo professor durante a sua intervenção pedagógica, e que exigem dele a tomada de decisão em cada caso específico, identificado como um processo de *reflexão na ação*, e que mesmo sendo inevitável não substitui a análise que pode ser realizada a *posteriori*, a chamada *reflexão sobre a ação*. Assim, pode-se dizer que existe sempre um conhecimento prático que precisa ser considerado e analisado pelo próprio professor, durante a sua formação continuada, por exemplo, de modo a buscar sua ampliação ou transformação objetivando-se a proposição de novas ações.

Segundo Freire, ensinar exige rigorosidade metódica, respeito aos saberes dos educandos, reflexão crítica sobre a prática, ou melhor, é fundamental que o professor, através da reflexão sobre a prática, transforme a curiosidade ingênua em crítica (FREIRE, 2000). Nessa perspectiva, a avaliação do professor sobre o trabalho que está desenvolvendo requer dele um exercício de tomada de consciência a respeito de suas limitações e avanços em relação à própria atuação profissional.

Desse modo, com o propósito de conhecer como os professores de química organizam seus diferentes conhecimentos objetivando facilitar o processo de aprendizagem dos estudantes que participam de suas aulas, a presente pesquisa propõe a reflexão sobre a seguinte pergunta: Os conhecimentos da docência, expostos por professores de química, a respeito dos processos de ensinar e aprender, dialogam com os resultados obtidos por pesquisas que analisam esse tema na área da educação química?

Entende-se que conhecer as ideais dos professores de química a respeito do aprender e do ensinar, nesta investigação, permitirá ampliar a análise do processo de construção de novos conhecimentos por parte dos estudantes, de modo a verificar se há relação entre esse processo e como os professores de química entendem que ele acontece.

Dentre muitas indagações emergentes do fazer docente de professores pesquisadores, inquietos com as dificuldades de aprendizagem diagnosticadas no desenvolvimento das aulas, busca-se um entrelaçamento com a análise dos caminhos percorridos pelos estudantes no processo de construção de novos conhecimentos da química, processo esse caracterizado na presente investigação como “criatividade”.

Para Piaget (2001), o desenvolvimento da inteligência é uma construção por parte do sujeito, uma criação contínua, ou seja, o sujeito que realiza um trabalho e tem ideias novas, mesmo que modestas, as cria no curso de seus esforços. De acordo com o autor, a chave para o mistério da compreensibilidade do mundo é a criatividade,

pois o mundo é compreensível somente na medida em que a mente cria os instrumentos para interpretá-lo; assim, é necessário criar para compreender.

Dessa forma, compreende-se que o conhecimento é uma leitura interpretativa da realidade, e não simplesmente uma cópia. O desenvolvimento da inteligência não é simples questão de associações empíricas, mas uma construção na qual o sujeito, em cada estágio do desenvolvimento produz novidades, diferentes do que existia antes, porém construídas a partir das anteriores. Para Piaget apud Parrat–Dayan (2001, p.113), o conceito de criatividade está relacionado ao processo de construção do conhecimento. Por consequência, está submetido, como o conhecimento, a uma mudança relativa a cada período de construção da inteligência.

Segundo Brandão da Luz (1994), a formação e o desenvolvimento dos conhecimentos não se efetuam segundo uma marcha ou progressão linear, mas procedem etapa por etapa, com necessidade de reconstrução em cada novo passo, que enriquece traços anteriores por um procedimento que a abstração reflexiva torna possível, ou seja, corresponde ao dinamismo natural de restabelecer o poder assimilador do sistema, acomodando-o às novas exigências que as perturbações introduzem. A abstração reflexiva constitui, dessa forma, um processo de reorganização cognitiva, enquadrado por dois cenários principais: os elementos exógenos, que se situam no contexto da experiência, e os caracteres endógenos, que dizem respeito aos quadros assimiladores do sujeito.

A novidade criativa é sempre uma ruptura, uma mudança nas estruturas cognitivas do sujeito, que precisa reorganizar-se para atingir um novo equilíbrio (PARRAT-DAYAN, 2001), que não caracteriza um estado de inatividade, mas de constantes trocas.

Ainda segundo Parrat - Dayan (2001), não se pode ensinar a criatividade; ela não pode surgir apenas da obediência às regras. Ao contrário, o que se pode é sugerir o estabelecimento de situações que favoreçam um estilo de vida diferente. Então, como os educadores em química compreendem o seu papel nesse processo de construção de conhecimento?

Para Garcia (1997, p.54)

o professor deve ser criador, se quiser ser professor. Não criador da grande teoria, não criador das infundáveis e vazias verbalizações que enchem os manuais pedagógicos. Deve ser criador daquilo que se poderia chamar de “as oportunidades de descobrir”. Porque toda verdadeira aprendizagem (não a simples aquisição de informação) é um descobrimento (entendido num contexto teórico não-positivista), e todo descobrimento é uma recriação de uma realidade interpretada.

Pretende-se, assim, buscar meios de verificar como professores atuantes em diferentes níveis de ensino compreendem o processo de aprendizagem dos conceitos desta ciência, e como o relacionam com as práticas de ensino que utilizam no exercício da docência, assim como analisar quais as definições que esses professores

apresentam para o conceito “criatividade” e como a percebem nos processos de ensinar e aprender química.

1.2 Caminhos da investigação com professores

Para conhecer as explicações de professores de química a respeito dos processos de ensinar e aprender, foi realizado um estudo de caso (LÜDKE e ANDRÉ, 1986) onde, por meio de um questionário aberto, disponibilizado em um endereço eletrônico, os convidados registraram de forma descritiva as respostas para cada uma das perguntas que foram apresentadas (quadro 1).

Quadro 1 – Perguntas do questionário enviado aos professores, com seus respectivos objetivos.

Perguntas	Objetivos
1. O que se faz necessário para que um/uma estudante aprenda química?	Conhecer as opiniões de professores de química a respeito do que é necessário para que um estudante aprenda química.
2. Na resposta da questão anterior, você considerou a criatividade importante? Justifique sua resposta.	Saber se o professor considera a criatividade quando fala da aprendizagem na disciplina de química, e quais as compreensões desses professores para o conceito “criatividade” no ensino e na aprendizagem da química.
3. Quando você organiza suas aulas, você tem em mente as características que você pontuou na primeira questão?	Entender como os professores relacionam o que eles indicam como necessário para que os estudantes aprendam química e a prática por eles desenvolvida no planejamento das aulas.
4. Para efetivação do seu planejamento de aula, quais são as dificuldades que você encontra?	Conhecer as dificuldades vivenciadas pelos professores na efetivação do planejamento de suas aulas.
5. Caso você tenha observações ou dúvidas a respeito do questionário ou das questões respondidas anteriormente, aproveite esse espaço para compartilhá-las conosco.	Propor um espaço para que o professor pudesse expressar suas dúvidas, ou reflexões vivenciadas ao responder o questionário.

Fonte: própria autora.

Ao responder a primeira pergunta, o professor não sabia qual seria a próxima pergunta, e ao clicar para avançar para a próxima questão, a resposta anterior era salva e não poderia ser alterada. A organização do questionário desta forma resultou da necessidade de verificar como o professor avaliaria a criatividade no processo de aprendizagem dos estudantes, e como ele relacionaria esse conceito ao que ele tinha explicitado como necessário na questão anterior. Além disso, as questões seguintes solicitavam que o professor refletisse a respeito da sua primeira resposta, relacionando-a com sua prática e com as dificuldades que vivencia no cotidiano da instituição de ensino onde trabalha. A última questão foi elaborada com o propósito de criar um espaço para que cada um dos respondentes compartilhasse dúvidas ou ideias, tanto em relação aos temas abordados quanto à própria estrutura do questionário.

A proposta de aplicar o questionário para professores atuantes em diferentes níveis e modalidades de ensino surgiu da hipótese de que, em função das suas distintas formações e das demandas de cada curso, eles poderiam apresentar

resultados com características específicas, vinculadas à formação teórica e prática de cada grupo. Cada professor recebeu um pseudônimo, e o nível/modalidade de ensino em que atuam foi identificado da seguinte maneira: PET - professores do ensino técnico (5 professores); PEM – professores do ensino médio (5 professores); PESQ – professores do ensino superior de cursos de bacharelado em química, química industrial ou engenharia química (4 professores); PESEQ – professores de licenciaturas em química (5 professores). Outra característica importante do grupo formado pelos dezenove professores é o fato de todos serem pós-graduados, com 57,9% doutores, 31,6% mestres e 10,5% especialistas, todos exercendo a docência em distintas instituições de ensino no Estado do Rio Grande do Sul no ano de 2011. Oito professores têm sua produção científica voltada especificamente para a área de educação em química, dois realizam pesquisas tanto na área de educação em química como na área da química, os dois especialistas não apresentam produção científica registradas no Currículo Lattes, e os demais apresentam a sua produção científica voltada para a química. Quatorze, dentre os dezenove, cursaram, na graduação, licenciatura em química. Entre os doutores, 5 fizeram seu doutoramento em áreas de educação ou ensino, e entre os mestres, 3 fizeram o mestrado na área de ensino ou educação. Apenas 3 professores não apresentam relação com a educação/ensino na formação acadêmica ou na produção científica.

A análise de conteúdo (BARDIN, 2009) foi utilizada como metodologia para analisar as respostas elaboradas pelos professores. Assim, o corpus de análise é composto pelas respostas escritas dos dezenove professores. Partes dessas explicações foram isoladas e organizadas em unidades de registro para classificação, categorização e interpretação. A expectativa de que as respostas poderiam se diferenciar em função das especificidades do exercício profissional não foi confirmada, o que determinou a realização de uma análise utilizando as respostas de todos os professores envolvidos na pesquisa, independente do nível/modalidade de atuação profissional.

Para as perguntas 1, 3 e 4, que apresentam objetivos entrelaçados entre si, originaram quatro categorias obtidas pela classificação das unidades de registro para estas questões: conhecimentos prévios dos estudantes, interesse dos estudantes, integração conceitual, e planejamento e prática dos professores. Verificou-se, conforme figura 1, que os respondentes não caracterizam as quatro categorias como distintas, mas em interação.

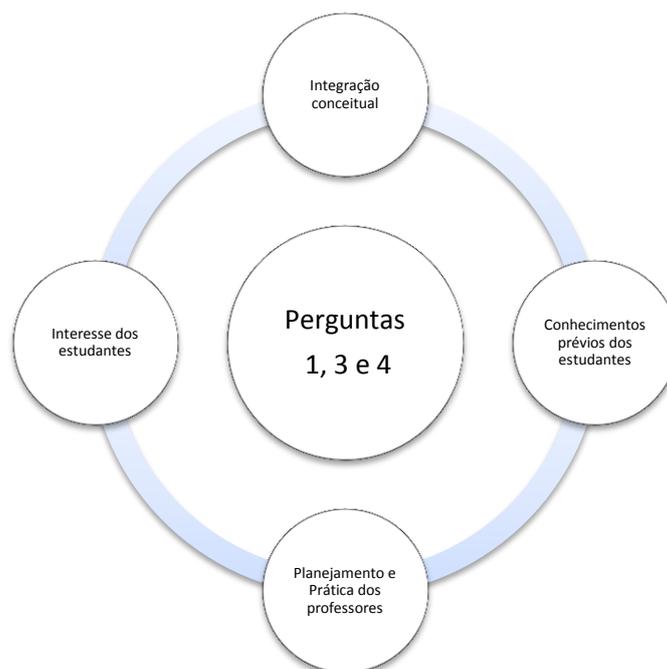


Figura 1 – Categorias relativas às respostas dos professores de química às perguntas 1, 3 e 4.

Já para a questão 2, foram evidenciadas distintas compreensões sobre a importância da criatividade nos processos de ensinar e aprender, de modo que as explicações dos professores resultaram em três categorias: a criatividade do estudante, a criatividade do professor e a criatividade na pesquisa.

A seguir serão apresentadas as respostas dos professores dentro do contexto de cada uma das perguntas propostas no questionário.

1.3 Respostas dos professores

Em relação à Questão 1: ***O que se faz necessário para que um/uma estudante aprenda química?***

Quanto aos conhecimentos prévios e interesse dos estudantes

Alguns professores consideram que os conceitos químicos devem estar ligados aos conhecimentos prévios do estudante, para que *“ele consiga relacionar os conceitos científicos abordados em aula com os conceitos que ele já possui em sua mente, de forma que os novos conceitos possam interagir com os conceitos antigos modificando-os”* (João, PEM/PESEQ) ou que os estudantes devem dominar *“pré-requisitos”* para garantir a aprendizagem *“é importante que o aluno domine pré-requisitos básicos, tais como leitura e compreensão, bem como operações matemáticas bem básicas”* (Mário, PEM). Outro professor considera que *“para que um aluno aprenda química, é necessário que relacione com o conhecimento que já tem, transformando esse conhecimento e tornando-o mais complexo. Para aprender é necessário também que o aluno relacione o novo conhecimento com indagações próprias, pois a aprendizagem é um processo de preencher as lacunas que o sujeito vai percebendo que existem, de*

modo que essas faltas vão transformando-se em desejos/necessidades. Portanto, para aprender, o sujeito tem que desejar e para desejar tem que ter a consciência de que não sabe, mas quer saber” (Tiago, PESEQ).

Percebe-se que os professores referem-se aos conhecimentos prévios dos estudantes com entendimentos distintos, como conhecimentos que deveriam estar consolidados para garantir a continuidade dos estudos, no que diz respeito à aprendizagem de conceitos cada vez mais complexos, ou como conhecimentos diferentes dos que serão estudados nas aulas de química e que precisam ser conscientes por parte dos estudantes, ou seja, ele deve fazer a relação entre o que conhece, entre a sua forma de compreender os fatos e o que está sendo apresentado pelo professor, de maneira a promover mudanças nas suas teorias individuais. Todavia, segundo Pozo e Gómez Crespo (2009), as concepções dos estudantes são muito persistentes e pouco se modificam, mesmo após muitos anos de instrução científica, na medida em que não são explicações excepcionais, mas em muitos casos equivalem à regra, à forma como os estudantes entendem os fenômenos científicos. Igualmente, é fundamental olhar para a metodologia utilizada pelo professor para criar condições para que os estudantes construam conhecimentos novos, na medida em que essa tomada de consciência por parte dos estudantes sobre suas teorias implícitas não acontece de forma simples e direta.

Numa outra abordagem, também voltada ao papel dos estudantes, outros professores destacam que o interesse e a motivação desempenham papel fundamental na aprendizagem da ciência: *“acredito que o pré-requisito fundamental seja o interesse do mesmo por essa ciência. É nesse aspecto que o papel do professor é vital. A metodologia do professor poderá repercutir em um conhecimento mais/menos efetivo com a compreensão mais/menos correta dos conceitos fundamentais. Mas se não houver interesse, as informações ficam descontextualizadas e não fazem sentido para o aluno” (Pedro, PEM).* Nesta perspectiva motivacional, outro professor considera que dois aspectos são fundamentais: - *o(a) aluno(a) deve estar predisposto a aprender;* - *o(a) aluno(a) deve ter capacidade de modelizar, dado que a aprendizagem de química envolve a compreensão de diversos modelos, propostos para explicar microscopicamente o mundo macro” (Marta, PET).*

Nesse caso, a vontade de aprender é explicitada como uma consciência do estudante de que aquilo que o professor está explicando é importante para sua formação, e por isso ele deve sentir-se motivado a aprender. Há a compreensão de que o interesse fundamenta a contextualização, ou seja, se o estudante tiver vontade ele compreenderá as relações estabelecidas pelo professor. Segundo Pozo e Gómez Crespo (2012), para entender o problema da motivação deve-se ir um pouco além do modelo a partir do qual professores costumam interpretar as dificuldades de aprendizagem dos alunos, concebendo a motivação não somente como uma das causas da aprendizagem deficiente em ciências, mas também como uma das suas

primeiras consequências, isto é, a motivação não é uma responsabilidade somente dos alunos, mas também resultado da educação que recebem e de como lhes são ensinadas as ciências.

Quanto ao planejamento, prática e a integração conceitual

Para alguns professores como Hélio (PET), por exemplo, para que os estudantes aprendam é necessário que: “(...) *o processo de ensino, apresente os conceitos fundamentais interligados, integrados e sempre com uma aplicabilidade no cotidiano*”. Há também os que indicam a importância da intervenção do professor por meio de estratégias de ensino e aprendizagem adequadas à realidade dos estudantes, como é o caso da professora Karen (PESEQ), que também ressalta que a complexidade do conhecimento químico, e sua expressão numa linguagem científica, exigem daquele que aprende um nível de desenvolvimento cognitivo adequado: “*é preciso, também, que o professor direcione o pensamento do aluno para um nível de abstração mais complexo. Para isso o professor deve ter conhecimento dos conceitos espontâneos e científicos e saber o momento exato de fazer a intervenção necessária para que o estudante consiga produzir um sentido aos conceitos envolvidos e que se deseja que o aluno aprenda. Importante produzir situações que permitam introduzir os conteúdos químicos e a linguagem química*”.

De acordo com Gómez Crespo (1996, p.38), a química necessita da ajuda de uma linguagem altamente simbólica e de modelos analógicos, que são muito úteis para sua compreensão; nessa mesma linha, Ferreira e Justi (2008) ressaltam que as dificuldades associadas ao ensino e à aprendizagem de química referem-se, geralmente, ao aspecto abstrato dessa ciência, e que trabalhar com noções intangíveis aos nossos sentidos provoca uma sensação de frustração do que é possível apreender frente à amplitude e complexidade do universo em que estamos inseridos.

Assim, identificar como o estudante compreende determinadas situações de estudo é apenas o primeiro passo de um planejamento direcionado, pois o professor precisa saber ainda o que fazer com as informações fornecidas por seus estudantes, na medida em que para entender o que um estudante compreende será preciso conhecer profundamente o conteúdo que será ensinado e os processos de aprendizagem. Essa compreensão deverá estar diretamente relacionada com os assuntos específicos ensinados e com os conceitos relativos a cada assunto (SHULMAN 2005, p.25).

Ao discutir os resultados de uma pesquisa realizada com professores de química, Quadros et al (2011) afirmam que enquanto os professores, sujeitos que fazem a educação dentro das escolas, não se engajarem no trabalho de ensinar buscando uma aprendizagem significativa não haverá melhoria, ou seja, o engajamento dos estudantes depende, também, do engajamento de seus professores.

Essa mesma visão é enfatizada por alguns dos professores entrevistados, que fazem referência, principalmente, ao papel do professor para organizar um contexto

favorável à aprendizagem dos estudantes: *“acredito em uma boa seleção de atividades (práticas desencadeadoras para a construção de conceitos químicos, exercícios desafiadores, interação professor aluno, vontade de aprender e construir conceitos). Um bom planejamento com a utilização de vários recursos (incluindo tecnologia e mídias) contribui para o processo de aprendizagem em química”* (Adão, PEM). Outro aspecto mencionado diz respeito à infraestrutura: *“material didático adequado, que propicie o desenvolvimento de habilidades e competências, que não seja voltado exclusivamente com a memorização de conteúdos; atividades experimentais, preferencialmente investigativas; proposta pedagógica da escola que propicie o desenvolvimento de habilidades e competências, que não se preocupe exclusivamente com a memorização de conteúdos; infraestrutura da escola, com salas de aula em boas condições e laboratório que permita realização de atividades experimentais”* (Elisa, PESEQ). Aspectos afetivos são também citados: *“boa relação com o professor, entusiasmo do professor pelos assuntos que trabalha, gosto do professor pela profissão e idealismo”* (Mario, PEM).

Percebe-se que são muitos os elementos indicados pelos professores como necessários para que um estudante aprenda química, destacando-se a relevância de conhecer os conhecimentos prévios, o interesse, o desejo e a motivação dos estudantes, assim como a infraestrutura adequada, a seleção das atividades, dos recursos e do material didático utilizado nas aulas, de modo que há a explicitação de maior atenção nos objetivos e nas expectativas do próprio professor quanto ao que seria um contexto “ideal” para que a aprendizagem ocorra.

Em relação à Questão 2: ***Na resposta da questão anterior, você considerou a criatividade importante? Justifique sua resposta.***

Conforme já foi salientado anteriormente, neste estudo a criatividade é caracterizada como o processo que envolve a construção de conhecimentos novos na química. Desse modo, buscou-se compreender como os professores percebem a criatividade, e se para eles aprender química no contexto de sala de aula constitui uma situação de construção de novidades, tanto para estudantes quanto para os próprios professores, enquanto sujeitos inacabados.

Para Piaget (2001), os atos de criatividade intelectual são processos de abstração reflexiva que devem ser considerados sob dois aspectos distintos, porém inseparáveis. O primeiro seria o aspecto físico, com o mesmo sentido de um reflexo no espelho, ou seja, há uma transposição de um plano inferior da construção intelectual para outro superior; é o caso, por exemplo, de alguém que primeiro é capaz de fazer algo e depois pensar sobre o que fez. O segundo aspecto é o da reflexão mental, isto é, quando alguém reflete. Neste caso, a pessoa não está somente refletindo em um nível superior, mas reconstruindo em um nível mais avançado o que já existia em um inferior. O nível superior é sempre majorante, mais abrangente, pois quando alguém reflete sobre algo em um nível mais avançado, precisa enriquecê-lo com novos

elementos. Assim, é capaz de transpô-lo a um segundo nível. Nesse contexto, a química, enquanto uma disciplina que propõem o estudo de conceitos abstratos, demanda que os sujeitos que procuram compreendê-la vivenciem esse processo construtivo, de forma a permitir um entendimento cada vez mais complexo das situações em análise, possibilitado pelos novos elementos aprendidos.

Sabe-se que tanto a psicanálise quanto as teorias psicológicas atribuem diferentes concepções para a criatividade (Oliveira, 2001; Parrat-Dayán, 2001). Todavia, para a presente investigação, busca-se entender como professores de química compreendem este conceito.

Alguns dos professores entrevistados manifestam que consideram a criatividade importante, quando o sujeito analisado é o professor, como é o caso da professora Julia (PESQ): *“não, porque nem sempre o aluno tem que ser criativo para aprender química, mas sim para explorar a química. Criatividade é o que um orientador educacional precisa para despertar no aluno o interesse pela química. É claro que se o aluno tiver criatividade, há maiores possibilidades de aprendizagem”*. Na mesma linha há a seguinte explicação: *“Na resposta anterior considerei importante a criatividade do professor no momento de despertar o interesse do aluno para a química”* (Pedro, PEM);

Outras respostas também destacam a necessidade de um professor de química criativo, ressaltando, a distância entre a realidade do estudante e o conhecimento químico: *“Quando respondi a questão foquei na importância de diminuir a distância entre o conhecimento químico (teórico) e a realidade do aluno. Claro que para se conseguir esta façanha é preciso criatividade”* (Carla, PET); a busca por aulas interessantes: *“Sim, a criatividade do docente deve ser uma constante, as aulas devem ser pautadas por uma constante inovação. Tornar a aula atrativa frente às curiosidades que os alunos têm e frente aos desafios que existem no mundo atual, tv, internet são mais atrativas que as aulas”* (Hélio, PET); e ainda a heterogeneidade dos conhecimentos dos estudantes de uma mesma classe: *“Sim, ao adentrar numa classe constituída por sujeitos com expectativas e interesses diversos e com diferentes níveis de conhecimento exige que o professor tenha criatividade para produzir aulas que motivem os estudantes para as atividades”* (Karen, PESEQ).

O professor João diferencia a criatividade do professor e do estudante: *“minha resposta anterior foi relacionada ao processo de construção de conceitos. Ao se pensar em criatividade, podemos abordá-la de dois modos: Primeiro a criatividade do professor - que possibilita desenvolver estratégias para facilitar o aprendizado do aluno. Segundo a criatividade do aluno - que estaria relacionada à capacidade do aluno de fazer correlações entre os conceitos científicos que estão sendo abordados em aula com os seus conhecimentos prévios. Em ambos os casos a criatividade é importante”* (João, PEM/PESEQ).

Quando a criatividade dos estudantes está em pauta, os professores também apresentam distintas compreensões a respeito desse conceito: *“Na construção de modelos e abstração, a criatividade é inerente”* (Laura, PESEQ). Ainda em relação a esta ênfase: *“A modelização envolve a capacidade criativa, sem dúvida, uma vez que todo o modelo é uma construção imaginária. Para explicarmos algumas propriedades dos materiais, por exemplo, precisamos criar modelos de algo que não conseguimos ver (átomos, moléculas, interações moleculares, entre outros)”* (Olívia, PET).

A professora Cíntia (PESEQ) destaca a motivação: *“Não mencionei criatividade, mas falei em motivação e penso que a motivação para o estudo de algo, torna as ações mais autônomas e isso implica criar meios para resolver dificuldades”*. Assim como o professor Pedro (PEM): *“(…) mas, também é possível pensar que, uma vez motivado, o aluno deverá exercer sua criatividade para construir os vínculos conceituais necessários para a compreensão dos conceitos, quase que na sua plenitude abstratos”*. Outro professor fala da vontade de aprender como desencadeadora de um processo que pode ser criativo: *“Na resposta da questão anterior não foi tratado sobre a criatividade, pois a pergunta trata da causa da aprendizagem. Criatividade não é causa da aprendizagem, mas é processo e produto. Depois que se instaura a vontade de aprender algo, a criatividade pode aparecer no processo como modo de aprender, mas também pode ser produto. Isto é, o sujeito pode tornar-se mais criativo, dependendo do modo como aprende, do modo como se relaciona com o objeto de aprendizagem”* (Tiago, PESEQ).

Há ainda a compreensão da criatividade como importante para a produção de conhecimento, situação vinculada à pesquisa e que não faz parte do contexto da sala de aula: *“Não considerei. Acho que a criatividade é importante quando tratamos de produção de conhecimento, ou seja, envolvendo pesquisa e criação, o que é algo que também poderia, sim, ser trabalhado em sala de aula”* (Carlos, PET). Então, cabe perguntar: qual seria a compreensão de aprendizagem deste professor?

De acordo com Freire (2000, p.27), a aprendizagem é um processo que pode deflagrar no aprendiz uma curiosidade crescente, que pode torná-lo mais e mais criador. Percebe-se, dessa forma que, ao indicar a construção de conhecimento como um processo não pertencente à sala de aula, este professor explicita uma ideia que vai de encontro ao que Freire propõe e exemplifica o que Tardif chama de ‘evolução das instituições universitárias’, que caminham em direção a uma crescente separação das missões de pesquisa e ensino. Para Tardif, os educadores e os pesquisadores, o corpo docente e a comunidade científica tornam-se dois grupos cada vez mais distintos, destinados a tarefas especializadas de transmissão e de produção dos saberes, sem nenhuma relação entre si (TARDIF, 2008, p.35).

Para Monteiro (2001), essa relação foi considerada e estudada por longo tempo dentro do paradigma da racionalidade técnica que, buscando a eficácia através do controle científico da prática educacional, trabalhava com a concepção de professor

como um instrumento de transmissão de saberes produzidos por outros. Assim, o saber científico encontra(va) no professor um profissional habilitado – com a sua competência técnica – para adequá-lo, ou diluí-lo, (ou distorcê-lo, se ineficiente), para que seja (fosse) aprendido pelos alunos que, assim educados e disciplinados, evoluíam para uma vida melhor.

Percebe-se portanto, nas explicações elaboradas pelos professores, que a criatividade é compreendida de diferentes formas, e ainda, necessária a distintos sujeitos e contextos, conforme sintetizado na figura 2.

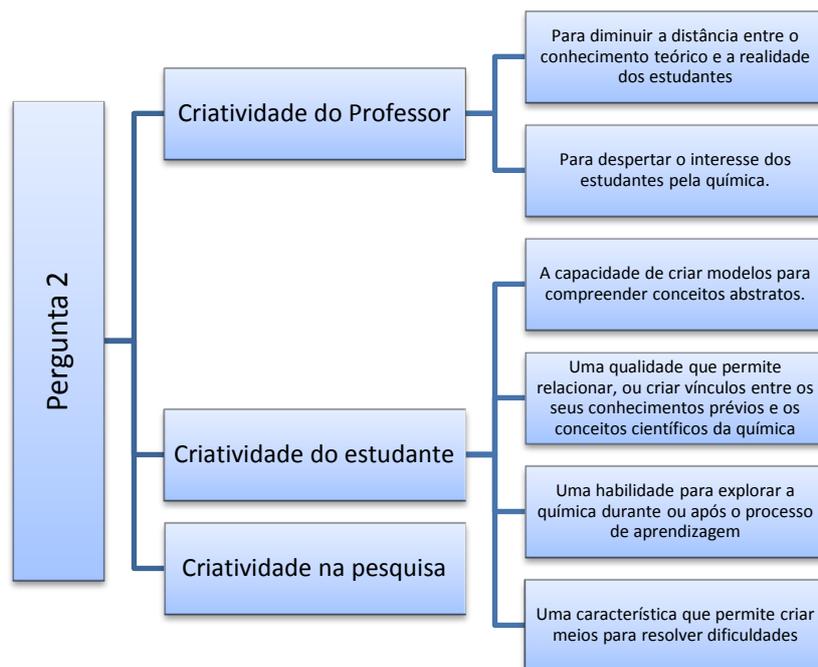


Figura 2- Síntese com as principais ideias dos professores sobre a importância da criatividade no processo de aprendizagem dos estudantes.

Em relação à Questão 3: ***Quando você organiza suas aulas, você tem em mente as características que você pontuou na primeira questão?***

A organização e o desenvolvimento das aulas, entendidas como espaço que possibilite a aprendizagem, demandam dos professores a mobilização e articulação de muitos conhecimentos. Segundo Zeichner (2008, p.546),

Os professores precisam saber o conteúdo acadêmico que são responsáveis por ensinar e como transformá-lo, a fim de conectá-lo com aquilo que os estudantes já sabem para o desenvolvimento de uma compreensão mais elaborada. Precisam saber como aprender sobre seus estudantes – o que eles sabem e podem fazer, e os recursos culturais que eles trazem para a sala de aula. Os professores também precisam saber como explicar conceitos complexos, conduzir discussões, como avaliar a aprendizagem discente, conduzir uma sala de aula e muitas outras coisas.

Dessa forma, essa questão propõe ao professor um espaço de reflexão sobre a ação, e expressão das relações que ele faz entre o que é necessário para que os estudantes aprendam química e o que é essencial no planejamento do professor que quer contemplar essas necessidades. Todos responderam afirmativamente, associando suas explicações às quatro categorias mencionadas no início do texto.

Quanto ao planejamento, prática e a integração conceitual

Dentre os professores, há os que relacionam as necessidades de aprendizagem dos alunos à proposta de organização de sua aula: *“Sim, eu busco expor o assunto a ser abordado do ponto de vista mais lógico possível (cuidando muito o “fio da meada” e a organização da aula). Busco também, na medida do possível, encontrar exemplos ilustrativos e contextualizar o assunto”* (Lucas, PESQ).

Outros, como a professora Elisa, descrevem as estratégias metodológicas que utilizam: *“Sim, procuro, dentro do programa da disciplina (no caso, disciplina de ensino superior, para alunos em final de curso), trazer, por exemplo, temas que estão sendo tratados na mídia e discuti-los como forma de introduzir os conteúdos; utilizo artigos de revistas semanais ou de divulgação científica como forma de abordar conteúdos, sempre que possível; proponho a realização de seminários sobre temas atuais da área e/ou sobre temas transversais e/ou interdisciplinares; trabalho com objetos digitais de aprendizagem; interajo com os estudantes por meio de Ambiente Virtual de Aprendizagem; enfim, uso diversas estratégias que evitam que a disciplina seja igual, semestre após semestre, sempre buscando contextualizar os assuntos abordados”*(Elisa, PESEQ).

Alguns professores ressaltam a importância da contextualização dos conteúdos no processo de construção do conhecimento: *“Sim, sempre que possível utilizo a primeira aula sobre determinado assunto apenas para trazer o contexto histórico e a relevância deste assunto em questões que tenham significado para os alunos. Na medida em que o assunto vai sendo trabalhado, gosto de retomar essas questões introdutórias, já com um olhar mais científico, isto é, carregado de conceitos* (Pedro, PEM). Ou, ainda: *“Tento relacionar com fenômenos relativos ao dia-a-dia e à profissão dos alunos. Já a abstração vem por meio de exemplos e metáforas”* (Carlos, PET).

Essas respostas expõem a contextualização como um importante elemento da organização das aulas. No entanto, diferentes compreensões sobre o que seja ‘contextualizar’ em uma aula de química são evidenciadas. Há falas que mencionam a adequação dos conteúdos às necessidades dos estudantes, e outras em que o professor busca, a partir das suas interpretações sobre os conceitos químicos que serão abordados, relações com o que é considerado cotidiano, ou seja, estratégias significativas para os professores e que, provavelmente, representam uma abordagem diferente das aulas teóricas e expositivas, pautadas apenas por conceitos

cientificamente aceitos e reconhecidos como válidos para o currículo do ensino médio ou superior.

Conforme Kato e Kawasaki (2011), é comum encontrarmos múltiplas compreensões a respeito do que seja “contextualizar” no ensino, tanto na fala de professores quanto em documentos curriculares oficiais. Apesar disso, segundo a pesquisa realizada por esses autores, estas não são contraditórias entre si, já que todas compartilham da noção de que contextualizar é articular ou situar o conhecimento específico da disciplina em contextos mais amplos e variados de significação: o cotidiano do aluno, a(s) disciplina(s) escolar(es), a ciência (referência), o ensino e os contextos histórico, social e cultural.

Para os professores que fazem referência ao seu papel no processo educacional, há a ênfase na importância da organização das atividades de sala de aula: *“Sim, sempre. No entanto, não as trato como aspectos associados exclusivamente ao aluno: considero que também é minha tarefa como professora preparar uma aula interessante, buscando desencadear no aluno uma disposição à aprendizagem, e realizar atividades que possibilitem o despertar da capacidade imaginativa do sujeito”* (Marta, PESQ); ou *“Com certeza sim. Só me sinto tranquila para entrar em sala de aula se estou preparada, tanto em conteúdo quanto na forma como vou abordá-lo, por isso não hesito em buscar informação e pesquisar. Além disso, sou entusiasmada em desenvolver meu trabalho porque escolhi ser professora de química, foi uma opção pessoal, e não algo que aconteceu meio “sem querer”. Então, espero, sinceramente, passar isso para os meus alunos. Se eles percebem o gosto que tenho pelo que faço, não sei, mas espero que sim!”* (Cecília, PESQ).

Quanto aos conhecimentos prévios e o interesse dos estudantes

Hélio e Tiago são exemplos de professores que, ao responder a terceira pergunta, fazem relações entre os conceitos e os interesses ou conhecimentos dos alunos: *“Sim, no início do ano estabeleço com os alunos os conteúdos que iremos trabalhar, conectados com os que eles querem aprender em química. Procuo sempre trazer em cada novo conceito uma interligação com os demais. Por exemplo, quando falamos da fórmula molecular, fórmula estrutural plana, torna-se indispensável unir este assunto com as ligações e as trocas de elétrons. Quando estudamos modelos atômicos é indispensável que o aluno apresente um modelo molecular de bolas, para ver se ele aprendeu mesmo”* (Hélio, PET), e, *“Sem dúvida. Um dos modos com os quais trabalho é partir das ideias dos alunos com vistas a identificar as lacunas e desejos. Assim, pode-se organizar as aulas a partir desses aspectos”* (Tiago, PESEQ).

Todavia, há professores que, ao indicar a importância de considerar as ideias dos estudantes, ou integrar diferentes conhecimentos, ressaltam as dificuldades vivenciadas: *“Sim, embora nem sempre seja fácil fazer as conexões entre o que o aluno já sabe e o que está “sendo ensinado”, devido às justificativas (“desculpas”) comuns de*

todos os professores: tempo de trabalho, número de alunos por turma, desrespeito e falta de interesse dos alunos...” (João, PEM/PESEQ); ou, “Sim, porém, como ainda fico muito presa à sequência de conteúdos do currículo, apenas uma parte delas consigo contemplar (Maria, PEM), e “Tento, mas nem sempre consigo isso. As maiores dificuldades que encontro: a) conseguir identificar o nível de conhecimento que o aluno já construiu (espontâneo); b) reconhecer quais as expectativas e interesses dos estudantes, que nem sempre são comuns e, c) saber fazer a intervenção pedagógica no momento certo de forma a atingir a maior parte dos estudantes” (Karen, PESEQ).

Ao responderem a terceira pergunta, os professores reafirmam as ideias que haviam apresentado inicialmente, na medida em que as necessidades e/ou características dos estudantes é retomada como elemento relevante para o planejamento das aulas dos mesmos que as consideraram na primeira questão, e os demais professores descrevem uma prática pautada em aspectos considerados “interessantes”, “relevantes”, “lógicos”, entre outros, de acordo com seus pontos de vista individuais, ressaltando a motivação e a organização do professor como desencadeadores de bons planejamentos para promover a aprendizagem nas aulas de química.

Em relação à Questão 4: ***Para efetivação do seu planejamento de aula, quais são as dificuldades que você encontra?***

As dificuldades apontadas nas respostas relacionam-se principalmente ao planejamento e prática nas condições das instituições de ensino em que esses professores exercem a docência. Evidentemente, a falta de laboratórios, material didático mínimo, tempo para planejamento, número excessivo de estudantes por turma, problemas de comportamento e falta de interesse por parte dos estudantes são os principais problemas indicados por professores da rede pública estadual. Já os professores de instituições privadas ou da rede pública federal manifestam que têm a estrutura necessária e o tempo desejado para o planejamento das aulas, mas vivenciam dificuldades para “vencer” o que foi programado (principalmente em função da falta de base dos estudantes, que chegam para as aulas sem conhecimentos prévios necessários), a heterogeneidade dos grupos, a elaboração de estratégias que permitam aos estudantes imaginar os modelos que fundamentarão os conteúdos que serão estudados e, ainda, fazer com que os estudantes se interessem pelas aulas. A falta de materiais didáticos já organizados para desenvolver determinados conteúdos também é indicada como um limitador do trabalho em sala de aula.

Dentre os professores que manifestam a ausência de dificuldades no planejamento de suas aulas, a professora Joana (PET) destaca suas condições de trabalho: *“Nenhuma, pois como já citei anteriormente é uma escola que forma técnicos em química, que não tem problemas de ordem material e pedagógico. Possui 7 laboratórios em funcionamento em 3 turnos, com auxiliares de ensino para preparem as aulas práticas” (Joana, PET).* Percebe-se aqui um olhar que desconsidera as

características e necessidades dos estudantes no processo de aprendizagem, fazendo referência às condições de trabalho do professor.

Quanto aos conhecimentos prévios e o interesse dos estudantes

A professora Olívia (PET) indica o que para ela são desafios inerentes à atividade docente, e que podem ser desencadeadores de processos de investigação: *“Sinceramente, não vejo dificuldades quando planejo uma aula; vejo desafios ou problemas (não no sentido negativo, mas sim como algo a ser investigado). Neste sentido, penso que os maiores desafios envolvem o planejamento de atividades para explicitação das concepções dos alunos (especialmente quando eles precisam imaginar algo que nunca viram - “Como eu vou dizer como eu penso que é uma pilha por dentro se eu nunca abri uma, professora?”) e para avaliação da efetiva compreensão de um conceito”*.

A limitação quanto ao domínio da língua inglesa por parte dos estudantes é uma dificuldade encontrada por uma professora do ensino superior, que indica a escassez de materiais didáticos em português: *“Na universidade pública não tenho muitos problemas com relação a tempo para preparar aulas criativas, já que o regime de trabalho prevê uma carga horária compatível com a reserva de tempo para preparação de aulas. E também não há maiores dificuldades com a realização de atividades experimentais, para as quais há apoio material, laboratório equipado e até apoio de pessoal técnico na sua preparação. A maior dificuldade que encontro é a existência de poucos materiais didáticos em português no campo das ciências da radioatividade, particularmente radioquímica. Como os estudantes, em sua maioria, têm dificuldade com a compreensão da língua inglesa, isso às vezes limita o tipo de material que pode ser usado e até a indicação de livros didáticos. Por isso, é fundamental que eu, como professora, acompanhe a publicação de artigos nos diversos tipos de revistas científicas, de divulgação científica e até nas revistas semanais. Os estudantes, por sua vez, costumam buscar, quase que exclusivamente, informações na internet e, pela limitação em relação à língua inglesa, quase que exclusivamente em páginas em português”* (Elisa, PESEQ). A falta de conhecimentos prévios por parte dos estudantes também é indicada por outros professores: *“A carência de conhecimentos prévios, base para ampliar a especificidade requerida no ensino superior”* (Júlia, PESQ); e *“Muitas vezes é necessário rever um planejamento em função da carência de conhecimentos prévios necessários por parte do aluno. Outras vezes, o cronograma da disciplina exige que algumas aulas sejam reformuladas”* (Lucas, PESQ).

Os professores também apontam obstáculos para a efetivação do que foi planejado em relação à heterogeneidade dos níveis de compreensão dos estudantes: *“(...) qual o nível de profundidade usarei para a turma, pois geralmente encontramos desde os que não tiveram certos assuntos até os que lembram do mesmo e sabem com maior profundidade. Além disto, com as facilidades dos meios de comunicação, em*

especial a internet, os alunos trazem os mais diversos assuntos para as aulas” (Marta, PESQ). Ou, ainda nesse sentido: “Geralmente a programação da aula falha, porque imaginamos que os alunos tenham uma base, originária das séries anteriores, a qual em geral eles não dominam. Logo, toda aula exige revisão de conceitos básicos antes de se entrar no tema alvo, o que geralmente costuma atrasar o cronograma” (Carlos, PET). E, ainda: “Eleger situações que sejam ao mesmo tempo da vivência dos estudantes e que possibilitem a introdução dos conceitos que preciso fazer os estudantes aprenderem; conseguir atingir o nível de complexidade e profundidade dos conceitos químicos sem que isso exclua estudantes pela reprovação; propor situações de ensino para as quais os estudantes sintam necessidade dos conceitos químicos para compreendê-las. Isso os motivará para o estudo de tais conceitos” (Karen, PESEQ);

Quanto à importância de ter estudantes interessados durante as aulas, outros professores relatam: *“O interesse dos alunos é um fator que pode dificultar as aulas. Se os alunos não estão interessados não adianta querer aplicar qualquer metodologia. Por isso, é necessário primeiro tentar resolver esse aspecto. Outro problema pode estar relacionado aos recursos, mas não é o meu caso, pois atuo em uma instituição que dispõe de recursos adequados para as aulas. É claro que estou respondendo a esse questionário com base na minha realidade de trabalho e o nível em que atuo que é o nível superior. Além disso, atuo com disciplinas de formação de professores, mais do que disciplinas de Química” (Tiago, PESEQ); Ou ainda: “No início da carreira a falta de diálogo com outros colegas de área dificultava o meu planejamento. Atualmente, com trabalho em equipe e a experiência pedagógica adquirida, não tenho dificuldades para os meus planejamentos. No entanto, a falta de interesse de muitos estudantes atrapalha o alcance de vários objetivos pretendidos” (Adão, PEM); Para a professora Laura (PESEQ), *“A falta de motivação inicial, a base escolar deficiente, e as grandes diferenças entre os estudantes” (Laura, PESEQ).**

Percebe-se, nas falas dos professores, características de um modelo convencional (BRASIL, 2002) sobre o exercício da docência, que provavelmente foi construído durante a formação inicial e/ou continuada vivenciada por cada um. A partir desse modelo, que também foi experimentado por eles enquanto discentes, perpetuam-se práticas numa perspectiva homogeneizadora – estudantes como sujeitos com necessidades idênticas -, onde a transmissão de informações é o centro do processo de ensino e aprendizagem.

Quanto ao planejamento, prática e a integração conceitual

Turmas com grande número de estudantes, com uma extensa lista de conteúdos a serem vencidos em uma carga horária insuficiente são dificuldades encontradas por alguns professores no momento da efetivação do que foi planejado: *“Não tenho dificuldades de fazer meu planejamento (também, depois de tanto tempo...). No início sentia um pouco de dificuldade de "medir" o tempo de aula, por isso gosto de assumir uma disciplina com bastante antecedência, de modo que eu*

possa pensar nela como um conjunto inteiro, já toda planejada e com aulas prontas e, na medida em que vou entrando em aula, fazer os ajustes e as modificações necessárias. Não gosto da ideia de preparar uma aula de cada vez, no meu entender o conteúdo não flui muito bem. Atualmente, minha maior dificuldade é com o grande número de alunos, pouco tempo e muito conteúdo. Gosto de conversar com os alunos sobre a matéria, estimulando perguntas de ambas as partes (aluno e professor). Com certeza é a forma que tenho de avaliar sua atenção e interesse na aula e, com isso, fazer as modificações necessárias. Quando nos preocupamos em vencer o conteúdo dentro de um cronograma, esse tipo de abordagem fica mais difícil” (Cecília, PESQ).

Com maior ênfase à falta de tempo, a professora Carla (PET) indica: *“Principalmente tempo. Emprego muito tempo conversando e sondando as turmas na busca de pontos de ligação e interesse. E mesmo com um planejamento prévio, as aulas acabam se desenvolvendo de forma diferente do previsto, com inclusão de novos tópicos para serem desenvolvidos, que podem ser inclusive de forma interdisciplinar. Mas como nossa estrutura permite esta liberdade isto não acaba sendo um problema, apenas dá mais trabalho”.*

Alguns admitem a incompletude de seus planejamentos: *“Dificuldades cotidianas, como a falta de estrutura e organização na universidade, a dificuldade dos alunos em conciliar um número grande de disciplinas com outras atividades que acabam assumindo e, também, as falhas no meu planejamento que, por vezes, não contempla as necessidades dos estudantes de uma dada turma” (Cíntia, PESEQ).*

Há aqueles que apontaram dificuldades como a baixa carga horária no contexto da educação básica, especialmente das instituições públicas: “Na maioria das vezes o tempo. No noturno se perde muitas aulas. Com isso, 03 períodos semanais são insuficientes para abordar todo o conteúdo do currículo utilizando a estratégia respondida na questão anterior. Assim, dada a realidade da Escola, opto por deixar alguns itens do currículo de fora e trabalhar por mais tempo aqueles conceitos que considero mais importantes. A falta de recursos de laboratório e audiovisuais também dificulta na tarefa de despertar o interesse dos alunos” (Pedro, PEM).

Essa realidade exposta pelos professores corrobora com a ideia de que ser professor nos dias de hoje corresponde a optar por uma profissão muito desvalorizada, não só pelos baixos níveis salariais, mas também pelo tratamento recebido, seja do poder público, seja da sociedade em geral, ainda muito preza a concepção de que o professor é um mero técnico e de que ensinar é algo simples, que depende apenas de boa vontade e treinamento (BRASIL, 2002).

Essas dificuldades atreladas à profissão também são destacadas por outro professor: *“Primeiro, lecionar no ensino público estadual, tem que ser herói, porque a direção da escola só quer o aluno quietinho dentro da sala. Segundo, a baixa remuneração impede novas abordagens com novos recursos. Terceiro, as*

precariedades nos obrigam a inovar até mesmo nos experimentos que utilizamos. Procuo planejar sempre uma semana antes. Por exemplo, semana que vem abordaremos ligações, passo a eles um filme, um PowerPoint, e uso modelos de plástico mostrando como e onde são estabelecidas as ligações. Somente depois disto apresento resumidamente os tópicos, no quadro e em material impresso para eles disporem de subsídios. Após isto peço a eles que usando modelo de bolas com isopor apresentem as ligações estabelecidas pelos elementos, com o uso do composto formado, qual suas propriedades físico-químicas. Após isto apresento experimentos onde a nível macroscópico possa ser ilustrativo da propriedade e reatividade daquele composto estudado e apresentado pelo aluno, tudo isto com dois períodos semanais. Pouco uso os livros didáticos que são inadequados a meu ver para serem úteis, geralmente somente para fazer exercícios o utilizo” (Hélio, PET).

As respostas de alguns professores ressaltam que, para contemplar algum objetivo, cabe ao professor uma “boa seleção de atividades” e um “bom planejamento”, com a utilização de diferentes recursos. Contudo, como o professor sabe se isso atende às necessidades daquele grupo específico com que estará trabalhando? Esse questionamento emerge da evidência de que a maioria desses professores não manifestou, durante a elaboração das respostas desse questionário, preocupação em conhecer as noções dos estudantes a respeito do que será estudado.

Tornam-se recorrentes, entre as dificuldades encontradas para a efetivação do planejamento das aulas, a carência de conhecimentos prévios e a falta de interesse dos estudantes, indicadas por professores de diferentes níveis de ensino. Tal diagnóstico sugere que esses “conhecimentos prévios” podem ser bastante distintos, em função do contexto de atuação do professor, ou seja, um professor do ensino superior de cursos de bacharelado em química, química industrial ou engenharia química pressupõe que os estudantes tenham construído conhecimentos relativos ao currículo do ensino médio, ou das disciplinas anteriormente cursadas na graduação e que são pré-requisitos para a continuidade dos estudos, já um professor da licenciatura em química e que trabalha com a supervisão de estágios, por exemplo, estará falando de conhecimentos necessários para a efetivação da prática docente, e que deveriam ter sido aprendidos ao longo da formação superior. Há ainda os professores do nível médio e nível médio técnico, que planejam suas aulas considerando que seus estudantes tenham um mínimo de conhecimentos oriundos da formação básica.

Assim, evidencia-se um abismo entre os conhecimentos que o professor espera que seu estudante tenha aprendido anteriormente, e entre os conhecimentos que o estudante realmente tem, de modo que o planejamento estruturado a partir das expectativas do professor acaba por tornar-se inviável, em função das características do grupo de estudantes para o qual foi organizado. Percebe-se, desse modo, que para muitos professores de química que participaram deste estudo de caso, as

especificidades do grupo de estudantes para o qual as aulas são planejadas são um problema ou uma dificuldade, algo que não permite o bom andamento das aulas de química, ou melhor, o cumprimento do programa da disciplina daquele período letivo específico é o objetivo principal que rege a elaboração das propostas que serão desenvolvidas nas aulas.

Portanto, evidencia-se que apenas um número pequeno de professores tem, dentre os objetivos traçados para a elaboração das propostas de ensino e aprendizagem, a organização de estratégias para conhecer os modelos que os estudantes mobilizam ao interpretarem o que será objeto de estudo nas aulas de química, e que a grande maioria desconsidera esse aspecto como necessário para promover situações de aprendizagem, indicando-o como um obstáculo que dificulta o desenvolvimento do que foi planejado previamente.

1.4 Considerações Finais

O perfil do grupo de professores participantes da pesquisa é o de profissionais que foram além da formação acadêmica inicial oferecida pela graduação, que buscaram e/ou continuam buscando na pesquisa elementos para sua formação continuada, e que se reconhecem como profissionais da educação em química. Essas características permitem uma avaliação sobre as ideias de um grupo de docentes pesquisadores, sujeitos produtores de conhecimentos, e não como objetos de pesquisa. Desse modo, esperava-se que esse grupo apresentasse abordagens subsidiadas por conhecimentos construídos pelas pesquisas desenvolvidas na área da educação química ao longo dos últimos anos, no entanto isso não aconteceu na maioria das ideias explicitadas.

As respostas da maioria dos docentes ressaltaram aspectos relacionados à necessidade de desenvolver os conteúdos programados, com explicações superficiais em relação à construção de conhecimento realizada pela comunidade científica da área de educação e/ou educação química a respeito dos processos de aprender e ensinar, demonstrando, em alguns casos, incompreensão de suas distintas características.

Neste contexto, tornou-se latente a falta de consciência de alguns professores sobre o seu papel na proposição de situações que podem constituir-se oportunidades para aprender durante as aulas de química, na medida em que, quando apontadas suas atribuições, restringiram-se a estar muito bem preparado, organizado e entusiasmado com a profissão, além de dispor de materiais didáticos adequados e inovadores para transmitir os conhecimentos da química para estudantes que deveriam chegar às aulas motivados, e com os pré-requisitos básicos para a continuidade dos estudos.

Tal interpretação foi reforçada pelo grande número de falas em que as dificuldades encontradas, tanto na execução do que foi planejado para as aulas quanto na promoção da aprendizagem por parte dos estudantes, são atribuídas a fatores externos, como péssima infraestrutura, falta de tempo, e/ou às características dos próprios estudantes, que não estariam preparados e não teriam interesse em aprender química.

O interesse dos estudantes, a integração conceitual, a relação entre planejamento e a prática dos professores e os conhecimentos prévios dos estudantes formaram as quatro grandes categorias que, segundo os docentes, estão interligadas e constituem elementos essenciais para a aprendizagem da química. No entanto, apenas um número pequeno dentre os dezenove professores participantes da pesquisa apresentaram, em alguma de suas explicações, a proposição de diagnóstico, ou seja, conhecer o que o estudante sabe para produzir situações que permitam introduzir os conteúdos da química e, embora os conhecimentos prévios sejam bastante mencionados pelos professores, tanto para responder à questão um, quando estes indicam o que é necessário para que um estudante aprenda química, quanto nas explicações para a pergunta três, que remete à elaboração das aulas, fica evidente que há diferentes entendimentos a respeito das ideias dos estudantes, e que em muitos casos estas não são tratadas com a complexidade necessária.

Os professores também demonstraram ter diferentes compreensões sobre o conceito “criatividade”, compreensões estas que representam diversos entendimentos sobre os processos de aprender e ensinar química. A construção de novos conhecimentos por parte dos aprendizes foi pontuada por um pequeno número de professores, que ressaltaram a importância da modelização e da abstração para o entendimento de conceitos estudados pela química, como formas de resolver problemas ou, ainda, como constituintes do processo e do produto da aprendizagem.

O diagnóstico de como os professores compreendem as necessidades dos estudantes para aprender química, e como se descrevem enquanto sujeitos participantes desse processo, permite olhar para o ensino de química na atualidade e evidenciar demandas que se imaginavam já superadas, como: a distância entre o ensino e a pesquisa, espaços que não conversam entre si; o papel do professor como simples executor e reproduzidor de um conhecimento que não é produzido no ambiente escolar; e o estudante como um sujeito cheio de problemas e que dificulta a execução do programa de química, na medida em que tem características diferentes das ideais.

Capítulo 2

Como os estudantes explicam transformações químicas quando ingressam no ensino médio? Um estudo de caso no IFRS - Câmpus Canoas

2.1 Considerações Iniciais

As compreensões que o estudante tem sobre os fenômenos e conceitos estudados nas aulas de ciências são, de acordo com Pozo e Gómez Crespo (2009, p.88),

muito persistentes (elas mantêm-se mesmo após muitos anos de instrução), generalizadas (são compartilhadas por pessoas de diversas culturas, idades e níveis educacionais), de caráter mais implícito do que explícito (os alunos as utilizam, mas muitas vezes são incapazes de verbalizá-las), relativamente coerentes (uma vez que o aluno a utiliza para enfrentar situações diversas) e em alguns casos guardam uma notável semelhança com concepções já superadas na própria história das disciplinas científicas.

E por que é necessário conhecer e questionar as teorias implícitas dos estudantes nas aulas de química? Por que, na grande maioria das situações essas compreensões são resultado de construções realizadas de forma empírica, pela experiência e pelas percepções que ela possibilitou, ou seja, são ideias que permitem interpretações distintas das científicas, e que precisam ser reconhecidas e diferenciadas pelo estudante durante a sua formação no ensino básico. Para Bachelard (1996) é surpreendente que os professores não levem em conta que o adolescente entra na aula com conhecimentos empíricos já construídos, e que esses conhecimentos constituem-se em obstáculos epistemológicos, presentes em toda experiência que se pretende concreta e real, natural e imediata.

De acordo com Lopes (2007), Bachelard nos obriga a pensar na necessidade de questionamento do conhecimento cotidiano nos processos de ensino e aprendizagem em ciências, na medida em que aprender ciência implica aprender conceitos que constroem e colocam em crise conceitos da experiência comum. Todavia, isso não significa o estabelecimento de uma hierarquia axiológica entre conhecimento comum e conhecimento científico, ou seja, campos de conhecimento diversos têm racionalidades distintas, não unificáveis, não redutíveis uma a outra. Segundo a autora, 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).

Assim, cabe ao professor, conhecer quais são as teorias individuais que os estudantes construíram pelas interações vivenciadas anteriormente, e então, analisar a necessidade de questioná-las por meio de estratégias elaboradas para que os

próprios estudantes tornem-se conscientes das diferenças entre suas teorias e as que são objeto de estudo nas aulas de química.

De acordo com Lopes (2007) ao se considerar que o conhecimento científico apenas amplia o conhecimento comum, ou ao se negar a existência de conceitos prévios sobre os mais diferentes assuntos, não se cuida para que os erros das primeiras concepções sejam questionados, obstaculizando-se novos conhecimentos e cristalizando-se falsos conceitos.

Dessa forma, se não é possibilitado ao estudante reconhecer diferenças entre a sua forma de compreender e explicar os fenômenos e os conceitos cientificamente aceitos apresentados pelo professor, ou ainda, se ele não se sentir desafiado a repensar suas “verdades”, ele continuará com suas explicações para as diferentes situações vivenciadas no cotidiano, e apenas memorizará os conteúdos de aula para devolvê-los nas avaliações, que são, no contexto escolar, uma necessidade para a continuidade dos estudos. De tal modo, a necessidade estará vinculada à aprovação e não à aprendizagem.

Se tudo que o estudante procura na aula de ciências é a aprovação, uma vez que tenha conseguido seu objetivo, irá esquecer o que foi estudado, todavia, se ele descobrir o valor de aproximar-se do mundo, indagando sobre sua estrutura e sua natureza, se ele descobrir o interesse de fazer perguntas e procurar as próprias respostas, o valor de aprender é intrínseco àquilo que se aprende (POZO e GOMES CRESPO, 2012). Ainda segundo os autores, esse é o tipo de motivação que predomina em contextos de instrução informal, em que há menos pressão social para aprender.

Então, objetivando criar necessidades para os sujeitos por meio de estratégias de aprendizagem condizentes com as compreensões que os sujeitos já elaboraram, o professor precisa organizar ensejos para a construção de conhecimentos novos oportunizados pelos estudos da química. O sujeito busca construir conhecimentos novos em função de perturbações cognitivas que provocam um desequilíbrio, suscitando processos de regulação que tendem a compensar as perturbações, e assim, gerar novas construções. Por meio da interação, na interdependência entre o sujeito e o objeto, ao alterar o meio, o sujeito modifica a si mesmo. Dessa forma, contando com sua organização intelectual, o sujeito assimilará novos dados à sua estrutura ou aos esquemas existentes, que se diferenciarão por um processo de acomodação aos objetos que provém do meio, permitindo a construção de novos conhecimentos (PARRAT-DAYAN, 2000).

Acredita-se assim, que para a aprendizagem de conhecimentos novos, é preciso então, saber o que o estudante conhece, quais são as explicações que ele manifesta para determinados fenômenos, como ele compreende o que será estudado na aula de química, caso contrário, o professor poderá estar planejando estratégias que não atendem às necessidades dos sujeitos que participarão das aulas.

De acordo com Lopes (1995, p.9), em seus primeiros contatos com a química, uma aluna ou um aluno precisa compreendê-la como o estudo das reações químicas. No entanto, essa compreensão não é suficiente para que o estudante se aproprie e utilize os conhecimentos por ela abordados, pois a aprendizagem da química implica um problema de representação do não observável em que o estudante deve abandonar os indícios perceptivos como fonte de representação, para passar a utilizar um sistema de representação muito mais abstrato, os símbolos químicos (GOMES CRESPO E POZO, 1992).

Conforme Rosa e Schnetzler (1995), as explicações dos alunos sobre transformação química concentram-se no nível macroscópico, isto é, no campo fenomenológico, isso impede que os estudantes construam modelos explicativos coerentes que se aproximem mais dos modelos científicos. Reiterando esses dados, Mortimer e Miranda (1995) indicam que os estudantes nem sempre reconhecem as entidades que se transformam e as que permanecem constantes, e tendem a centrar suas explicações nas mudanças perceptíveis que ocorrem com as substâncias, sequer fazendo referência às mudanças em nível atômico-molecular. Além disso, os mesmos autores ressaltam que estudantes tendem a generalizar algumas explicações válidas para mudanças de estado, ou mesmo a confundir uma transformação química com uma mudança de estado físico.

Ainda,

É possível que os alunos tenham assimilado conceitos acerca dos átomos e das moléculas e de suas representações simbólicas do modo pretendido nas aulas de ciências, mas quando se vêem diante de um fato físico que devem explicar, tendem a considerar relevantes, não as noções que lhes têm ensinado, mas suas ideias intuitivas baseadas na experiência (DRIVER, 1992, p.257)

Para Barker (2000) parece consenso entre os pesquisadores que a manifestação de concepções de alunos afastadas da visão cientificamente aceita torna-se acentuada devido à ausência de discussões sobre ciências nas aulas, à ênfase na visão empiricista do conhecimento e à falta de relacionamento explícito entre os níveis micro e macroscópico do conhecimento químico em processos de ensino tradicionais.

Na busca por conhecer como os estudantes compreendem conceitos relacionados às transformações químicas no período da escolaridade em que concluem o ensino fundamental e iniciam o ensino médio, o presente trabalho faz uma análise das explicações elaboradas por estudantes ao elucidarem fatos contextualizados em diferentes histórias e em uma resolução de problemas em lápis e papel.

2.2 Contação de Histórias

No exercício da docência, os professores de química do ensino médio deparam-se com a necessidade de criar condições para os estudantes aprenderem uma série de

conceitos abstratos que fundamentam os estudos característicos dessa ciência. Os conteúdos da química e a abordagem dada nas aulas requerem que o estudante opere no nível operacional formal para que eles compreendam os conceitos que são apresentados (HERRON, 1975). No período formal, os indivíduos são capazes de manejar o pensamento hipotético-dedutivo característico da ciência, ampliando suas capacidades para além do raciocínio sobre o real, sobre o que conhecem ou sobre o que está presente, e podem fazê-lo também sobre o possível, isso exige o manejo de uma combinatória que permite criar esse possível e uma lógica das proposições (DELVAL, 1998). Considerar essas características demanda dos professores de química a atenção para as especificidades do grupo de estudantes para o qual sua proposta pedagógica é planejada, na medida em que o diagnóstico sobre como os estudantes compreendem os fenômenos que serão estudados permitirá a construção de propostas de ensino e de aprendizagem que propiciem o desenvolvimento cognitivo destes sujeitos.

Conhecer como os estudantes compreendem determinadas situações que podem ser explicadas a partir do conhecimento científico constitui-se uma atividade que é realizada há muito tempo no ensino de química. Pesquisas realizadas, principalmente, nas décadas de oitenta e noventa apresentam as teorias implícitas dos estudantes a respeito de diferentes fatos, com diversas abordagens e metodologias, incluindo entre os temas de pesquisa as transformações químicas (ANDERSSON 1986, 1990; DRIVER, 1992; HERRON, 1975; POZO e GÓMEZ CRESPO, 1992, 2009; MORTIMER e MIRANDA, 1995; LOPES, 1995; BARKER, 2000; JUSTI, 1998; ROSA e SCHNETZLER, 1995).

Nesse contexto, parece que esse era um problema do século passado, e que com a divulgação dos resultados de tantas pesquisas, incluindo proposições didáticas alternativas, os problemas relacionados a essa temática estariam superados, podendo a área de educação química preocupar-se com outros temas importantes para a melhoria do ensino e da aprendizagem da química na atualidade. No entanto, os resultados das pesquisas que serão apresentadas nesse texto mostram que estudantes continuam utilizando explicações diferentes das aceitas cientificamente, fundamentadas em compreensões que constituem obstáculos à aprendizagem de conceitos essenciais para o estudo das transformações químicas, tema de análise desta pesquisa.

2.2.1 Caminhos para conhecer as noções dos estudantes

No contexto dessa pesquisa, para a análise das noções que os estudantes demonstram sobre os conceitos em estudo optou-se por entrevistas organizadas a partir da contação de uma história, em que os fenômenos apareciam em uma situação problema vivenciada pelo(s) personagem(ns) principal(is). Ao concluir a história, a entrevistadora (ENT), professora-pesquisadora da área da química, perguntava ao

estudante se ele poderia pensar sobre o problema apresentado na história, e compartilhar as explicações por ele elaboradas.

A proposta caracteriza-se como um estudo de caso (LÜDKE e ANDRÉ, 1986) desenvolvido em dois mil e onze por meio de entrevistas que foram agendadas individualmente, em horários diferentes dos horários de aula. Ao iniciar cada entrevista, a entrevistadora explicava que o seu papel seria o de questionar as explicações dadas, independentemente de elas estarem cientificamente corretas ou não, na medida em que o objetivo era o de verificar se os estudantes conseguiam fundamentar suas explicações de forma a manter uma lógica que eles considerassem válidas e consistentes para dar conta de explicar os fenômenos em estudo. Essa estratégia está vinculada a uma das técnicas do método clínico utilizado por Jean Piaget, a contra sugestão. Cabe ressaltar que o método clínico desenvolvido por Jean Piaget não foi utilizado durante as entrevistas, apenas um de seus elementos foi considerado, pois, acreditava-se, por outras experiências realizadas anteriormente (SILVA, 2011) que esta seria uma estratégia importante para diagnosticar as noções dos estudantes sobre o tema em estudo.

A contra sugestão consiste em submeter o sujeito a uma resposta errônea dada por uma criança da mesma idade, que se deixa ainda seduzir pelas aparências enganosas, sendo particularmente útil perante o silêncio do sujeito que está sendo questionado, podendo ainda estimulá-lo ao incitá-lo a uma maior flexibilidade de argumentação (CHARLOT-BLANC, 1997). No caso das entrevistas analisadas nesse trabalho, essa técnica foi adaptada da seguinte forma: depois que o estudante apresentava sua explicação para a situação proposta, a entrevistadora expunha a ele uma explicação diferente, dizendo que essa mesma entrevista já havia sido realizada com outros estudantes, e que uma série de respostas haviam sido elaboradas pelos participantes. Cabe ressaltar que essa estratégia foi utilizada com todos os entrevistados.

Os sujeitos da pesquisa foram dezessete estudantes do primeiro ano do ensino técnico integrado ao ensino médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Câmpus Canoas, com idades entre 14 e 16 anos, que se candidataram como voluntários do projeto de pesquisa “A Resolução de Problemas como estratégia de aprendizagem no ensino de química: um estudo de caso no IFRS – Câmpus Canoas”, desenvolvido entre 2011 e 2012 e fomentado pela própria instituição. A identidade dos sujeitos do estudo foi preservada, e para esse trabalho eles são tratados por pseudônimos, além disso, cabe ressaltar que antes de iniciar a participação na pesquisa, eles assinaram termo de consentimento, juntamente com seus responsáveis (apêndice 2). O desempenho escolar na disciplina de química foi considerado como critério para selecionar, dentre todos os candidatos, os dezessete estudantes que participariam da pesquisa. Assim, os estudantes com melhores desempenhos nas avaliações de química tornaram-se sujeitos do estudo de caso. Esse

critério se fundamenta em Herron (1975) que indica que contrariamente ao que professores preferem acreditar, as noções incorretas cientificamente não são apresentadas por estudantes que não se esforçam em aprender. Bons estudantes que fazem um esforço consciente para alcançar êxito, parecem não poder entender ideias abstratas, por não progredirem em seu desenvolvimento intelectual ao estágio das operações formais.

Foram elaboradas quatro histórias objetivando a análise das explicações elaboradas pelos estudantes sobre diferentes aspectos relacionados às transformações químicas. Antes de iniciar a entrevista, o estudante sorteava dentre as quatro histórias, qual delas seria contada a ele. Cinco estudantes sortearam a história 1 denominada “Bolhas na vida de Maria Clara”, onde o foco de análise era como os estudantes caracterizam e diferenciam as transformações químicas e as transformações físicas. Os fenômenos apresentados pela personagem principal, Maria Clara, são situações comumente trabalhadas nos estudos de ciências da oitava série/nono ano ou nas séries do ensino médio, conforme análise prévia nos livros didáticos disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2011. A história 2 – “João Francisco e as suas experiências com a queima de materiais” conta a vivência do personagem durante uma aula experimental de química com o relato de dois processos de combustão obtendo-se resultados diferentes. Com a colaboração de cinco estudantes na história 2, objetivou-se analisar suas concepções a respeito dos processos de combustão de diferentes materiais, e quais as suas percepções a respeito da conservação da massa durante a combustão. Quatro estudantes participaram das entrevistas onde a história 3 foi utilizada. “As aventuras de Eduardo e Ezequiel com materiais de construção” narra uma situação em que dois amigos não conseguem explicar o que aconteceu com a cal que seria utilizada pelo pai de Ezequiel. A investigação visou compreender como os estudantes caracterizam um processo envolvendo uma transformação química com a formação de um sólido insolúvel em água que se separa da mistura, inicialmente homogênea. Na história 4 “Antônia e seu tempo de criança” expôs a corrosão como tema principal, de forma que a personagem Antônia buscava entender por que os pregos de seu balanço de infância tinham enferrujado. A apreciação das falas das três estudantes voluntárias tinha por finalidade verificar se elas caracterizavam o processo de corrosão como uma transformação química, e quais as concepções que estariam presentes nas explicações.

Esses quatro temas foram escolhidos com o objetivo de oportunizar aos estudantes a elaboração de explicações a respeito de situações onde as transformações químicas estivessem presentes, com características distintas e, ao mesmo tempo elementos em comum. A escolha dessas quatro situações específicas é resultado da vivência da pesquisadora, de mais de dez anos de docência no ensino médio, e do estudo de pesquisas já realizadas, citadas no início deste texto. Percebeu-se a importância de problematizar casos do cotidiano dos estudantes e que, ao mesmo

tempo, abordassem conceitos fundamentais para o estudo das reações químicas utilizando substâncias em diferentes estados físicos da matéria.

A formação de bolhas por meio de transformações químicas e/ou físicas, a corrosão de pregos, a combustão de diferentes materiais e a formação de um precipitado são situações comumente utilizadas para exemplificar e caracterizar as transformações químicas durante a formação básica, assim, entendeu-se que, contextualizá-las em histórias permitiria diagnosticar quais são as compreensões de estudantes a respeito de aspectos fundamentais para o entendimento dos conceitos científicos. A abordagem de reagentes e produtos com aspectos visivelmente diferentes, incluindo a presença de gases ora nos reagentes, ora nos produtos, constituiu uma estratégia para analisar os modelos utilizados e as relações estabelecidas pelos estudantes entre o macroscópico e o submicroscópico.

Como metodologia para registrar as entrevistas foi utilizada a gravação em áudio, e posteriormente, a transcrição das mesmas para análise, e na medida em que esta se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, o aprofundamento da compreensão dos fenômenos investigados, a partir das informações obtidas durante as entrevistas, se deu por meio de elementos da análise de conteúdo (BARDIN, 2009).

Como corpus da análise, foram utilizadas as transcrições dos diálogos entre a entrevistadora e os estudantes. Assim, após a leitura e apreciação exaustiva de todos os diálogos realizados durante as entrevistas, foram isolados fragmentos de diálogos (inventário), delimitadas as unidades de registro para posterior classificação. No caso das histórias 1, 2 e 3, distintas categorias emergiram dessa classificação:

Quadro 2 – categorias correspondentes as respostas das histórias 1, 2 e 3.

Histórias	Categorias
1	Misturar e reagir como processos idênticos
	Processo irreversível como critério para identificar uma transformação química
	Gases como produtos de reações entre gases apenas
	O comprimido é responsável pela formação do gás
	Transformação química como mudança de estado físico
2	As substâncias envolvidas nos processos mudam de lugar durante a combustão
	Os gases e/ou sua massa são desconsiderados nos processos de combustão
	Misturar e reagir como processos idênticos
	Confusões entre massa, volume e densidade
	Substâncias apresentam propriedades específicas que determinam seu comportamento
	Alguma coisa é gerada durante a combustão
	Diferentes processos de combustão
3	Separação de mistura: explicações sobre o fato apresentado na história
	Contra-sugestão: a influência do ar no processo de análise

Fonte: Própria autora.

Já no caso da história 4, as explicações explicitadas pelas estudantes para o mesmo fato foram bastante dissemelhantes, assim, não foi possível categorizar as respostas e a narrativa de parte dos diálogos foi utilizada para apresentar os dados. Essa estratégia metodológica permitiu que informações relevantes, e que somente teriam sentido se apresentadas na totalidade do diálogo, fossem consideradas.

2.2.2 Análise dos resultados

Os dados empíricos que serão utilizados foram retirados das transcrições obtidas a partir da gravação das entrevistas. Considerando a metodologia de análise, foram utilizadas partes das transcrições que apresentam informações relacionadas ao objetivo proposto pela pesquisa.

2.2.2.1 História 1 – Bolhas na vida de Maria Clara

A história 1 foi elaborada com o objetivo de diagnosticar se os estudantes que ingressam no ensino médio diferenciam processos físicos e químicos, se identificam e compreendem as transformações físicas como processos onde as substâncias envolvidas não mudam sua estrutura, ou seja, conservam sua composição química, e atrelado a isso, se esses estudantes entendem que nas transformações químicas a composição das substâncias iniciais envolvidas é modificada pela interação entre elas, e novas substâncias são produzidas durante o processo. Então, buscou-se, por meio das entrevistas, compreender como os estudantes explicam a transformação da matéria. A seguir a história que foi contada aos estudantes Magali, Edith, Pablo, Dalton e George.

Maria Clara é uma adolescente muito interessada pelos fenômenos que ocorrem a sua volta, e agora que iniciou seus estudos do ensino médio, está muito empolgada pela possibilidade de, pela primeira vez estudar química, física e biologia, disciplinas da área da ciência que muito lhe interessam. Desde muito nova ela busca explicações para o que acontece a sua volta. Perguntas como: Por que as plantas têm flores em apenas algumas épocas do ano? Do que são feitas as nuvens? Por que sentimos sono? De que é feita a lágrima? Por que o sol aparece e depois vai embora? Sempre acompanharam Maria durante o seu desenvolvimento, e foi na interação com seus pais e professores que ela encontrou explicações para o que lhe interessava. Atualmente o que tem lhe chamado muita atenção é o estudo dos estados físicos da matéria, principalmente os gases. Na observação das diferentes situações do seu dia a dia ela tenta formular explicações que dêem conta dos fenômenos que observa. Vamos analisar dois exemplos explicados por ela:

Fato 1 – A mãe de Maria Clara, Dona Ana, sofre, frequentemente, com azia. Ela explicou para sua filha que azia é uma “queimação no estômago”. Assim, toda vez que ela tem azia, toma um comprimido de antiácido que ela compra na farmácia. Na embalagem do comprimido diz que ele é efervescente e que deve ser dissolvido em água. Maria Clara percebeu que, ao colocar o comprimido na água, a mãe aguarda um pouco até aparecerem muitas bolhas, e só então ela ingere o medicamento. Então de onde vieram aquelas bolhas? Essa é a pergunta que ficou martelando na cabeça de Maria Clara. Sua mãe disse que é a efervescência do remédio. Então ela passou a pensar sobre as bolhas presentes no processo.

Fato 2 - Maria percebeu outro fenômeno em que aparecem bolhas, e pensou na similaridade dessa situação com o fato anterior. Ao aquecer água para fazer uma sopa, sua mãe pediu que ela avisasse quando a água estivesse fervendo. Ela perguntou: Como saberei quando ela está fervendo? A mãe respondeu: observa a água, ela ficará cheia de bolhas, então nesse momento ela estará fervendo. Maria Clara acompanhou o aquecimento da água na panela onde seria preparada a sopa e percebeu que após um tempo, iniciou a formação de bolhas que passaram a se movimentar de baixo para cima na água, assim como aconteceu com o comprimido efervescente. Então perguntou a sua mãe se poderia considerar a água fervendo também como efervescente? Sua mãe disse que achava que sim, mas que poderia buscar explicações mais detalhadas com seus professores na escola. Você poderia ajudar Maria Clara na compreensão dos fenômenos por ela observados?

A análise das falas dos estudantes está organizada em cinco categorias que têm como relação, entre as unidades base, as compreensões que os estudantes apresentaram sobre objeto de estudo. Durante a busca por analogias nas unidades de registro percebeu-se que os estudantes explicam os fatos da história baseados em compreensões que são obstáculos à aprendizagem de conceitos científicos e que dão nome às categorias.

Misturar e reagir como processos idênticos

Dois estudantes, em momentos diferentes da entrevista, apresentam o conceito “misturar” como sinônimo de reação química.

A estudante Magali identifica o fato 1 como uma transformação química e o fato 2 como uma transformação física e utiliza, em suas explicações, os conceitos “mistura” e “transformações químicas” como sinônimos. De acordo com Rosa (1996, p.40), a ideia de mistura aparece como a concepção mais simplista de transformação química, já que para os alunos, sempre que dois materiais forem misturados ocorrerá uma transformação química.

ENT – [...] você acha que os dois casos são parecidos ou eles são diferentes? [...]

Magali - Eles são diferentes, por que o comprimido reagiu na água e aí formou as bolhas, já na panela ele teve um aquecimento, então foi um fenômeno físico que aconteceu na água da sopa e no primeiro foi um fenômeno químico que aconteceu.

ENT [...] no caso 1, você disse que aconteceu uma reação química, então vamos pensar, tinha um sólido que era o comprimido, e um líquido que era a água, e formou um outro estado físico, que é um gás, esse outro estado físico não existia antes?

Magali - E ele também não foi, como eu poderia dizer, quando o comprimido entrou no copo de água, ele se misturou com a água, isso quer dizer ele não era mais a água, já na segunda situação era sempre a água aí, não ia mudar de jeito nenhum, e o comprimido fez com que a água gerasse outra substância.

ENT - Ah, então esse gás que se forma no caso do comprimido com água, não é água no estado gasoso, é outra coisa?

Magali - É outra coisa, pode ser carbono, qualquer outra coisa.

George utiliza o termo “misturassem” para explicar uma reação química. No momento da contra sugestão, o estudante confunde vários conceitos que ele já estudou, provavelmente na tentativa de utiliza-los na explicação, e muda de opinião sem conseguir se fazer entender, voltando para a sua explicação inicial.

ENT - Agora eu vou apresentar outra resposta para ver se você concorda com o que foi dito, essa história já foi contada para vários estudantes do ensino médio e temos muitas repostas diferentes. Uma resposta foi a seguinte: o caso um é uma transformação química e não física, porque o sólido ao entrar em contato com o líquido forma um gás que não existia antes. Você acha isso possível?

George - Sim, como transformação química os dois poderiam estar se fundindo na mistura homogênea.

ENT - Fundir é um processo físico.

George - Poderia ser químico então, no qual o comprimido seria um comburente, combustível. Quando o comprimido e a água entrassem em contato haveria uma explosão que faria com que os dois se misturassem.

ENT - E essa mistura formaria uma nova substância? Pelo fato de misturar, por exemplo, quando colocamos açúcar na água é uma mistura e isso faz com que deixemos de ter açúcar?

George - Não. A solução é a mesma (açúcar mais água).

ENT - Se você me diz que houve uma mistura isso não é uma reação química. Esse outro estudante trouxe que ao colocar em contato o sólido com o líquido eu tenho a produção de uma outra substância, por isso é uma transformação química, então esse gás não seria o comprimido em estado gasoso, seria outra coisa. Você acha isso possível?

George - Não é possível.

ENT - Então é uma sublimação (passagem direta de sólido para gás)?

George - Sim. Acho mais fácil ser isso que a explicação desse estudante.

Processo irreversível como critério para identificar uma transformação química

Os estudantes Dalton e Magali utilizam como critério para identificar uma transformação química o fato de não poder recuperar as substâncias após o contato entre elas. De acordo com Lopes (1995, p.7) essa diferenciação mostra-se equivocada, porque a reversibilidade não é um critério científico de distinção dos diferentes fenômenos. Esta diferenciação conceitual padrão foi utilizada por muitos anos nos livros didáticos, e já há alguns anos não é mais utilizada. Porém, percebe-se que continua presente na medida em que é exposta pelos estudantes como um critério de diferenciação que foi ensinado no ambiente escolar, fato que corrobora para a evidência de que os professores continuam usando este critério no desenvolvimento de suas aulas no ensino fundamental, ou seja, há professores de ciências que não sabem ou não percebem que uma reação química pode ser reversível (sistema reacional em equilíbrio) ou irreversível.

O estudante Dalton apresenta o critério da reversibilidade para identificar uma transformação física e da irreversibilidade para a transformação química.

ENT - Um estudante disse que os dois processos são físicos, porque o que acontece no caso um é o mesmo que acontece com a naftalina, na qual a naftalina passa de sólido diretamente para gás na presença da água. E no caso dois é o que você já havia dito, mas para ele o caso um seria mesmo uma transformação física. Você acha isso possível?

Dalton - Se é mudança de estado físico significa que ele pode voltar ao estado que estava antes [...] física é reversível e não tem como o comprimido voltar a ser comprimido. Se tirar a água do gás que já entrou em contato e virou outra coisa. Acredito realmente que seja química.

No caso da Magali, a entrevistadora usa durante a contra sugestão um exemplo de outro estudante. Magali utiliza como critério para caracterizar a transformação química, a dificuldade de separar as substâncias que entraram em contato:

ENT – Um estudante disse que no fato 1 também há uma transformação física, parecida com o que acontece com a naftalina, que de sólida se transforma em gás direto, então ele acha que o gás que se formou no caso 1, ele é do comprimido que passou para o estado gasoso. O que você acha que é mais correto, essa ou a tua resposta?

Magali - Eu acho a minha mais lógica, por que tipo a naftalina é a mesma substância, e não é uma reação química, a naftalina é uma transformação física, por que ela passou do sólido para o estado gasoso como no caso da água, e no comprimido não, ele é uma reação química, por que não tem como, pode até ter, como recuperar ele depois, mas é mais difícil separar ele da água.

Gases como produtos de reações entre gases apenas

Uma explicação interessante apresentada por Magali é a de que um gás não pode ser formado a partir de um sólido e um líquido. Sua argumentação indica que seus critérios de análise para os fatos estão baseados na percepção do real, ou seja, ela não consegue imaginar, microscopicamente, a interação entre partículas nos estados sólido e gasoso, sólido e líquido ou líquido e gasoso. Para Pozo e Gómez Crespo (2009) os estudantes elaboram explicações errôneas como consequência de uma confusão ou indiferenciação entre dois possíveis níveis de análise: os das propriedades do mundo observável e o das partículas microscópicas que, de maneira não observável, compõem a matéria.

ENT - Tu tens uma lógica bem estabelecida, que é uma reação química então tu tens os teus reagentes, o comprimido e a água, e dentro desse copo há uma outra substância, que não é nem água nem comprimido, só que nesse processo há um terceiro estado físico que não existia antes, que é o gás, é isso que eu queria debater contigo, de onde ele vem?

Magali - Eu acho que ele também reagiu com o gás oxigênio do ambiente, por que a única jeito de formar um gás com o líquido e um sólido, é com um outro gás.

O comprimido é responsável pela formação do gás

Mesmo com argumentos diferentes, os estudantes Edith e Dalton mostram, em suas explicações, que para eles a reação química não compreende a interação entre substâncias (reagentes), mas a ação de uma substância específica, ou seja, um “agente ativo” que atua sobre um “agente passivo” (MORTIMER e MIRANDA, 1995).

A estudante Edith diferencia os dois fatos, um como transformação física e o outro como transformação química, e utiliza em sua fala a expressão “cria uma química” o que denota uma compreensão de que uma substância específica (o comprimido) é responsável pelo processo analisado na história no fato 1.

ENT – Tu achas que os dois fatos são parecidos ou apresentam alguma diferença?

Edith– Eu acho que é diferente.

ENT – Por quê? Vamos pensar nas características que eles têm de diferentes então.

Edith – o comprimido, quando você põe na água, ele vai efervescer por causa da água, e a água vai criar bolhas por causa do fogo.

ENT – do aquecimento?

Edith – é

ENT – [...] Agora vamos pensar um fato por vez. Como são formadas as bolhas do fato 1?

Edith – Eu acho que a própria substância que entra em contato com a água, ela mesma cria uma química e essas bolinhas.

ENT - Então vamos pensar nisso, “cria uma química e faz bolinhas”, as bolhas já estavam dentro do comprimido e só são liberadas?

Edith – Não

ENT – Então elas são produzidas quando o comprimido entra em contato com a água?

Edith – é

ENT – Então essas bolhas, esse gás, não existiam antes. Ele foi produzido?

Edith – é

ENT – [...] no caso 2, o gás vem de onde?

Edith – da mudança de estado físico da água.

ENT – [...] E no caso 1 o gás também é água?

Edith – Talvez. Não, acho que não. Por que se ele entra em contato com a água ele forma um gás. Acho que não tem produção de calor nesse caso.

ENT – Quando você diz produção de calor, tu estás atrelando a formação de água gasosa pelo aquecimento?

Edith – Sim

ENT - Então no fato 1, aquele gás que está sendo liberado não é água?

Edith – não, eu acho que não.

O estudante Dalton considera o fato 1 da história uma reação química que aconteceu apenas com o comprimido. Essa ideia presente na explicação de Dalton foi caracterizada por Cachapuz (1985) apud Rosa e Schnetzler (1998) como a concepção de “reagente principal”, ou seja, as reações químicas aconteceriam tendo sempre um material mais importante que é transformado devido à ação de outros reagentes, e ainda, o reagente principal seria sempre um sólido, pois é maciço e visível, ou um ácido porque é forte.

ENT- [...] O que você acha que aconteceu? Você acha que a água ou o comprimido podem ter mudado de estado físico?

Dalton - Pelo que eu percebo foi o comprimido que virou gás, foi uma transformação química e não mudança de estado físico esse comprimido não volta ao seu estado inicial [...] Não é mais o comprimido é outra composição.

ENT- Então ao colocar um sólido em contato com um líquido podemos ter a formação de outro componente que neste caso está no estado gasoso?

Dalton - É.

Transformação química como mudança de estado físico

Pablo e George acreditam que ambos os fatos analisados na história são mudanças de estado físico, no entanto, com o andamento da entrevista, Pablo explica que o gás já estava presente dentro do comprimido, já George caracteriza o processo como uma sublimação.

O estudante Pablo ao responder sobre a origem e a composição das bolhas no fato 1, relaciona a formação de bolhas com a acidez do efervescente, explicação que ele não repete ao ser questionado, sua explicação para o fato 1 é de que ele é um processo onde houve mudança de estado físico pelo contato do comprimido com a água:

ENT - Vamos pensar agora no caso um. Como são formadas as bolhas, de que elas são feitas?

Pablo - Da acidez do efervescente.

ENT - [...]O que você acha que é esse gás?

Pablo - Eu acho que o sólido em contato com a água passou para líquido ai liberou a efervescência. Acho que não existe outra explicação.

ENT - É como se esse gás já existisse dentro do comprimido e quando entra em contato com a água libera?

Pablo - É isso, imagino que seja isso.

ENT - Então essa substância já existia só foi liberada pela dissolução em água. Não foi formada uma substância nova.

Pablo - Não.

Quando a entrevistadora apresenta uma contra sugestão à explicação de Pablo, proporcionando uma versão supostamente dada por outro estudante da mesma idade, o estudante indica que o gás já existia dentro do comprimido, e apresenta uma ideia que Andersson (1986, 1990) chama de deslocamento, ou seja, exprime a noção de que durante a transformação química pode ocorrer mudança de posição da substância, isto é, ela pode desaparecer de um dado lugar simplesmente por que se deslocou.

ENT - outro estudante respondeu o seguinte: o primeiro caso seria um processo químico e o segundo físico, dizendo que no caso um o gás não existia, ele foi produto de uma reação entre o comprimido e a água. E no segundo caso sim seria um processo físico, pois temos apenas a mudança de estado físico. Você acha isso possível?

Pablo - para mim a primeira parte que diz o que o caso dois é físico e o um é químico é possível, mas não que poderia produzir uma nova substância.

ENT - Mas o que é um processo químico?

Pablo - Só que aquela substância já estava contida no comprimido.

ENT - Então se ela já existia e não foi produzida é um processo físico. Você não acredita que seja possível a produção de uma nova substância.

Pablo - Me parece meio estranho isso. Eu mantenho a minha resposta. Acho que é isso mesmo.

ENT - É uma liberação.

Pablo - O contato com a água provoca isso.

O estudante George caracteriza os dois fatos como transformações físicas, no fato 1, a sublimação, e no fato 2, a ebulição. No caso da reação química em análise, a explicação deste estudante remete as ideias de estudantes categorizadas por Andersson (1986, 1990) como modificação, pois a transformação química é explicada como uma transformação de estado físico onde a composição da substância não é alterada:

ENT - Você está diferenciando porque um tem aquecimento e o outro não?

George - Sim, pois no caso da panela de ferro as bolhas se referem à água passando de um estado físico para outro, no caso passando para gás. E o primeiro não é mais uma coisa que passa do estado líquido para o gasoso, mas sim passando do sólido para o gasoso direto.

Tecendo algumas considerações sobre as entrevistas da H1

Percebe-se, nas explicações dos estudantes, que o fato de diferenciar transformações químicas e físicas não significa que eles compreenderam os processos envolvidos nesses fenômenos, e que consigam aplicar o conhecimento estudado em sala de aula quando esses são abordados em uma situação que faz parte do cotidiano deles.

A identificação, por Magali, Edith e Dalton, do fato 1 como uma transformação química não é critério que garante que esses estudantes compreenderam o que é uma transformação química. Da mesma forma que, a caracterização de Pablo e George para ambos os fatos como transformações físicas, demonstra que eles não elaboraram hipóteses para além da mudança de estado físico quando eles percebem a formação de um gás, mesmo que em condições diferentes, como é o caso da história.

Os cinco estudantes apresentam explicações que evidenciam a falta de modelos abstratos capazes de sustentar as análises para os fatos apresentados na história. A dificuldade de separar as substâncias após o contato entre elas também caracterizaria um processo químico, a ocorrência de uma reação sem necessariamente haver a formação de novas substâncias, a caracterização de uma substância como capaz de “criar uma química” que provoque uma reação, a ocorrência de uma explosão provocando a mistura dos reagentes no contato entre água e comprimido, são todas características que demonstram uma leitura dos processos a partir das aparências, fundamentadas pelas evidências do mundo macroscópico.

Há ainda a evidência da utilização de termos como “mistura”, “solvente”, “difundir” de forma confusa, formando explicações que expõe um híbrido entre as suas teorias individuais elaboradas a partir do macroscópico e os conceitos estudados anteriormente na escola.

2.2.2.2 História 2 – João Francisco e suas experiências com a queima de materiais

A história 2 foi elaborada com o propósito de diagnosticar a compreensão dos estudantes a respeito das transformações que constituem os processos de combustão de diferentes materiais. Ainda, verificar quais as concepções que fundamentam as explicações dos estudantes nas comparações entre a combustão da amostra 1 e da amostra 2 e como eles entendem a variação de massa nos mesmos processos.

Para Silva e Pitombo (2006, p.23) as reações de combustão podem ser utilizadas como um tema estruturador no ensino de química, pois têm relevância

científica, tecnológica e social. Porém, é importante considerar que o estudante que presta atenção exclusivamente no que se transforma, dificilmente poderá compreender o que se conserva, dificultando a compreensão das diferentes alterações que a matéria experimenta em maior ou menor grau em função das características dessa mudança, além disso, prestam mais atenção ao estado final de uma transformação do que ao seu estado inicial, o que trará dificuldades para que eles compreendam as conservações não observáveis (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009).

João Francisco é um adolescente de 15 anos e está cursando o primeiro ano do ensino médio. A escola em que ele estuda oferece uma ótima infraestrutura para atividades práticas em laboratório de química, física, biologia e matemática. Dessa forma, seus professores buscam realizar várias atividades em laboratório, de modo que teoria e prática sejam desenvolvidas conjuntamente. Na última aula de química, a sua professora organizou atividades para laboratório onde cada estudante realizou dois experimentos, e, ao final, construiu um relatório. O procedimento dos dois experimentos foi o mesmo, apenas variou a amostra em análise. Vamos acompanhar cada um deles:

Amostra 1: Primeiramente cada estudante separou um recipiente metálico e colocou a amostra, um pedaço de papel, no recipiente e verificou a massa em uma balança disponível no laboratório. Em seguida, levou a amostra até a capela e efetuou a queima do pedaço de papel. Após a queima total da amostra, o estudante verificou novamente a massa do que restou no recipiente.

Amostra2: Cada estudante executou o mesmo procedimento realizado com a amostra 1, mas agora com um pedaço de “esponja de aço”. Então, João Francisco verificou a massa do recipiente com um pedaço de “esponja de aço” e, em seguida, foi até a capela, e realizou a queima total da amostra, para finalmente, verificar a massa do que restou no recipiente.

A professora informou que a “esponja de aço” utilizada como amostra 2, comum nas nossas residências para a limpeza de panelas e outros utensílios, é constituída de ferro, um metal que já havia sido estudado anteriormente. Explicou também que o papel, amostra1, é de origem vegetal, e seu principal constituinte é a celulose.

João Francisco analisou todas as medidas de massa realizadas, e percebeu que para o papel, após a queima, a massa havia diminuído. Já no caso da “esponja de aço”, a medida realizada após a queima evidenciou um aumento na massa. Esses resultados foram apresentados no relatório entregue à professora, e como conclusão, o estudante relatou não ter compreendido por que os resultados foram diferentes, considerando que os processos foram os mesmos.

Você poderia ajudar João Francisco na compreensão do que aconteceu?

A seguir são expostas sete categorias extraídas das análises das transcrições das entrevistas. Os estudantes utilizaram ideias semelhantes ao explicar como eles entendiam o que havia acontecido na história, depois de identificadas e classificadas, as ideias foram organizadas de modo que pudessem fundamentar as categorias apresentadas no texto.

As substâncias envolvidas nos processos mudam de lugar durante a combustão

Três estudantes formulam explicações fundamentadas pela percepção macroscópica dos fatos. Segundo eles, algumas substâncias são transferidas de um lugar a outro durante a combustão. Explicações baseadas nesse tipo de ideias já haviam sido evidenciadas e categorizadas como deslocamento por Andersson (1986,

1990), pois exprimem a noção de que durante a transformação química a substância pode desaparecer de um dado lugar simplesmente por que se deslocou.

O estudante Bruno diferencia os dois processos de combustão apresentados na história, indicando que no caso do papel, partes dele foram levadas pela fumaça e por isso sua massa diminui, já no caso da esponja de aço o oxigênio “ficou junto com a esponja” o que provocou o aumento da massa:

Bruno - vou dizer que quando no papel o oxigênio e a energia retiraram pedaços da massa dele junto com a fumaça, na segunda, parte o oxigênio pode ter ficado junto com a esponja na composição química.

Ao explicar a diminuição da massa durante a combustão do papel, a estudante Talita indica que o papel é levado pela fumaça durante o processo de combustão:

Talita - Durante a queima produzimos todos aqueles gases e isso também faz com que um pouco do papel vá com os gases, por isso fica mais leve.

ENT - Você tem papel e também fumaça e você acredita que com a fumaça está indo um pouco do papel.

Talita - É.

ENT - E ele continua sólido?

Talita - Sim.

ENT - Só que ele vai junto com a fumaça?

Talita - Sim.

O estudante Fabrício, no diálogo com a entrevistadora explica a origem dos gases liberados durante a combustão do papel, indica que esses gases já existiam dentro do papel e apenas foram liberados durante o processo:

ENT - O que temos depois da queima?

Fabrício - Temos a liberação de gás, neste caso a fumaça.

ENT - E esses gases já existiam antes?

Fabrício - Estava tudo no papel.

ENT - E aí vão ser liberados do papel?

Fabrício - Isso.

ENT - Então é como se esses gases estivessem presos no papel? E pela queima são liberados?

Fabrício - É.

Os gases e/ou sua massa são desconsiderados nos processos de combustão

Pesquisas realizadas por Cachapuz (1985) apud Rosa e Shnetzler (1995) a respeito das noções dos estudantes, indicam que para eles, o gás oxigênio não é importante nas reações de combustão por que é invisível, evidenciando que nessas concepções há uma influência clara de experiências vividas pelos estudantes no cotidiano. A mesma característica foi evidenciada na fala do estudante Bruno, quando ele explica o fato de a massa do papel ter diminuído durante a combustão, na medida em que ele indica as cinzas como único produto a ser considerado:

ENT - Agora vamos pensar no caso do papel, no frasco com a gente já viu, ficam cinzas, e a massa diminuiu em função de quê?

Bruno - Por que muitas das cinzas foram levadas junto com a fumaça.

ENT - E o que é essa fumaça?

Bruno - É o resto do que tem no papel, celulose e outros componentes.

De forma muito semelhante Talita explica o mesmo processo, no entanto ela elucida a formação da fumaça como resultado da reação entre o papel e o fogo, o que denota uma confusão entre substância e energia. Explicações semelhantes já foram divulgadas por Andersson (1990, p.57) e caracterizadas como uma ideia de transmutação, ou seja, quando o estudante pensa que a energia é transformada em uma substância. Pozo e Gómez Crespo (2009), ressaltam que os conceitos e as leis que compõem as teorias científicas não estão na realidade, senão que são parte dessas mesmas teorias, e, se isso não está claro para professores e estudantes, leva-os a confundir os modelos com a realidade que eles representam, atribuindo, por exemplo, propriedades macroscópicas à partículas microscópicas constituintes da matéria, ou transformando a energia em uma substância.

Talita - Ao queimar o papel ele já é mais leve o exaustor puxa um pouco das cinzas da sobra do papel.

ENT- Durante a queima temos a formação apenas de cinzas?

Talita- Não, durante a queima produzimos todos aqueles gases e isso também faz com que um pouco de papel vá com os gases, por isso fica mais leve. [...]

ENT - E o que é essa fumaça?

Talita - É que o papel quando reage com o fogo ele vai ao ar e não muda o estado.

A estudante lara não considera o oxigênio como um dos reagentes envolvido na combustão do papel, fato que já foi evidenciado por Driver (2000, p.244) em suas pesquisas, segundo a autora embora a maior parte dos estudantes compreendessem que o ar era necessário para a combustão, muitos não o consideravam ativamente implicado no processo. Na história da química o ar foi considerado uma substância, e mesmo quando se descobriu os gases que o compunham eles eram denominados por exemplo, ar inflamável/H₂. De acordo com Loguercio e Del Pino (2006), estas concepções apresentadas por estudantes seriam apoiadas pela teoria do Flogisto, na qual este faz o papel do oxigênio em reações de combustão e calcinação. A mudança de paradigma ocorre com as contribuições de Lavoisier, propondo o Princípio de Conservação da Massa/ Matéria, não antes de ter desenvolvido a balança de precisão. Lavoisier mostrou que a transformação dos metais em seus óxidos básicos ocorre por efeito de uma combinação do corpo queimado com o oxigênio, e não como explicavam os flogisticistas, dizendo que os metais perdiam flogisto para se converter em derivados dos metais (CHASSOT, 1994).

ENT - O que necessário para que haja queima?

lara - Um aumento muito grande de temperatura.

ENT - Uma fonte de calor. Vamos pensar em um fósforo? lara - [sinaliza que sim com a cabeça]

ENT- Então você precisa de uma fonte de energia – fósforo – mas só isso basta? Só com o fósforo e o papel você tem a queima?

lara - Acho que sim.

ENT - O que sobra no recipiente depois dessa queima?

lara - Se queimar muito, muito, ficam cinzas.

No decorrer da entrevista lara demonstra, novamente, uma dificuldade de explicar a participação de gases no processo de combustão e, mesmo quando considera o oxigênio como participante apenas do processo de combustão da esponja de aço, utilizando-o para justificar o aumento da massa após a combustão, fica evidente o esforço para formular uma hipótese para além da percepção fornecida pelo real, na medida em que há a compreensão de que o oxigênio somente poderia ser considerado se fosse sólido:

lara - No meu entender o oxigênio entraria em contato com esse aço, fazendo com que sua massa aumente. Não consigo imaginar o oxigênio como um sólido apenas que haja um contato com a esponja de aço.

Quando a entrevistadora pergunta ao estudante Lauro a respeito da massa dos gases, ele fica em dúvida:

ENT - Você acha que esse gás que está envolvido, o oxigênio, tem massa?

Lauro - Na verdade eu não sei se a gente pode medir a massa do gás.

ENT - Não dá para medir a massa dos gases? Então eu só vou poder fazer medida de massa quando eu tiver sólido ou líquido?

Lauro- Sim.

Mais adiante, ao ser perguntado ao Lauro sobre o que aconteceria se os dois processos de combustão em análise fossem realizados em um sistema fechado onde não pudesse haver saída ou entrada de substâncias, sua hipótese é a seguinte:

Lauro - A massa do papel continuaria menor, pois a massa de fumaça não seria significativa. E a esponja continuaria mais pesada.

Quando a entrevistadora faz a mesma pergunta ao estudante Fabrício, sua resposta é muito parecida:

Fabrício - Vai continuar mudando, por exemplo, o papel quando é queimado solta gases e no caso esses gases tem uma massa diferente da coisa sólida que é o papel, e já na esponja de aço é ao contrário, quando queimamos ela vai reter de alguma forma vai aumentar a massa.

Ao realizar atividades que analisavam experiências em ambientes fechados Driver (1992) aponta como uma das ideias prévias dos estudantes a fumaça como mais leve que um sólido. Ainda, de acordo com a autora, somente uma minoria dos estudantes se dá conta de que o ar tem massa. As respostas dadas às perguntas sobre o papel do ar ou do oxigênio na combustão sugerem que a compreensão da natureza substantiva do ar ou do oxigênio constituem um problema quando se trata de entender mudanças que se produzem no peso quando as substâncias queimam. Outras pesquisas indicam que os estudantes apresentam dificuldade em aceitar a conservação da matéria, principalmente quando se trata de reações de combustão, onde os alunos costumam pensar que as substâncias se tornam mais leves depois de

queimadas, e que parte do material envolvido é perdido em forma de fumaça (HESSE e ANDERSSON (1992) apud BARKER, 2000).

Misturar e reagir como processos idênticos

Segundo Pozo e Gómez Crespo (2009, p.168)

os alunos do ensino médio não diferenciam entre o tipo de mudança que ocorre em uma solução e em uma reação química, aparecendo para esses dois tipos de processos, indistintamente, interpretações em termos de interação entre substâncias para obter outra diferente, ou de conservação da substância, mesmo que mude seu aspecto.

Essa mesma ideia foi evidenciada na explicação de um dos estudantes entrevistados. O Bruno apresenta como hipótese para os processos de combustão a ocorrência de reações químicas durante toda a entrevista, no entanto, quando busca explicar a formação do gás durante os processos, demonstra confundir os conceitos misturar e reagir, fato que permite a percepção de que classificar um processo como reação química não garante a sua compreensão considerando o que é cientificamente aceito:

ENT - Então esse gás é um produto da reação química ou é uma substância que já estava presa no papel e que foi liberada?

Bruno - É um produto da reação química, que ele pode ser misturado com o oxigênio durante a queima.

Confusões entre massa, volume e densidade

Dentre os cinco estudantes que participaram das entrevistas, três demonstraram apresentar confusões na forma como compreendem os conceitos massa, volume e densidade.

De acordo com estudos realizados por Piaget e Inhelder a respeito do desenvolvimento das quantidades físicas na criança indicam o atraso das composições de volume, comparadas com as do peso, entendendo o peso como uma noção unidimensional, já o volume, resulta de um feixe de relações. “O peso aparece, pois, de saída, como uma qualidade concreta característica da matéria, enquanto que o volume é uma abstração, desde que ele não é mais solidário da quantidade aparente da substância” (PIAGET e INHELDER, 1983, p.338). Cabe ressaltar que estes autores utilizam o termo “peso” para a noção de massa abordada neste trabalho.

Para Delval (1997), até os 9 anos a criança não admitirá constância no peso e, somente por volta dos 11 anos é que compreenderá que o volume não se modifica ao modificar-se a forma e que este é independente do peso. Além dessas, são muitas as noções que a criança tem que adquirir e construir durante o seu desenvolvimento, porque tais noções não são diretamente extraídas da experiência, nem ensinadas na escola, mas construídas na medida em que a criança vai lidando com os objetos, através da coordenação de suas ações.

Ainda, segundo este autor, os erros persistem durante muito tempo, mais até do que o verificado por psicólogos em experimentos de laboratório, indicando que estudos realizados com alunos entre a sexta e oitava série, sobre a explicação de fenômenos físicos cotidianos, revelam uma grande quantidade de crenças errôneas sustentadas pelos alunos.

Segundo Herron (1975) qualquer conceito que envolve razão é extremamente difícil para muitos estudantes; densidade, velocidade, entre outros. Os estudantes são capazes de memorizar um algoritmo para realizar cálculos numéricos destas grandezas, mas parecem ter uma pobreza de compreensão tal da ideia que são incapazes de aplicar o conceito para qualquer problema diferente daqueles analisados em aula.

Quando a entrevistadora pergunta ao estudante Bruno a respeito da variação da massa se os processos de combustão fossem realizados em um sistema fechado, o estudante considera que a conservação da massa se dará somente se os gases liberados estiverem sob pressão:

ENT - Se os gases não fossem perdidos para o ambiente, tu achas que a massa iria ser alterada no final do processo?

Bruno - Se fosse comprimido, provavelmente não. Já que o mesmo acontece com o nitrogênio, comprimido, ele não perde a massa.

ENT - Comprimido como? Tu acha que teria de tornar ele líquido pra verificar a massa?

Bruno - Não tenho muita certeza, mas acho que talvez, só permanecer dentro de um container pressurizado, sem nenhum outro material além do que sobrou, assim, eu acho que não teria diferença.

A estudante Talita afirma que o processo de combustão corresponde a uma transformação física no caso da esponja de aço, e que ao mudar de estado físico, o ferro aumentou, expressando um aumento de volume, o que para o estudante corresponde a um aumento de massa. Ela utiliza a fusão do gelo como comparação, e mostra uma compreensão equivocada em relação à variação de volume nesse processo:

ENT - No início havia ferro e depois continua sendo ferro?

Talita - Sim. Ele só aumentou.

ENT - Aumentou por quê?

Talita- Eu acho que é porque quando aquecemos o metal – como o gelo, quando colocamos no fogo parece que ele aumentou – ele aumenta assim como o gelo.

ENT - Então seria o mesmo metal que por causa da queima aumentou, como se ele ocupasse mais espaço?

Talita - É ele ficou maior.

ENT - E com isso aumenta a massa?

Talita – É.

De acordo com Mortimer e Miranda (1995), um tipo de dificuldade envolvendo a aplicação de raciocínios de conservação de massa às transformações químicas ocorre

quando o estudante não percebe o papel de reagentes gasosos, como é o caso do oxigênio na queima de um pedaço de lã de aço.

A explicação formulada por Fabrício para a diferença nos resultados das massas obtidas após os dois processos de combustão demonstra que para ele, também, a mudança de volume corresponde à alteração na massa:

ENT - Por que se os procedimentos foram os mesmos verificamos o aumento de massa em um experimento e diminuição em outro?

Fabrício - Na amostra um, no caso do papel, quando queimamos o papel – que é originado da celulose - ele queima e diminui de tamanho e, conseqüentemente, diminui a massa.

Substâncias apresentam propriedades específicas que determinam seu comportamento

Algumas explicações apresentadas por dois estudantes denotam características semelhantes ao que Bachelard (1996) chama de obstáculo substancialista, ou seja, eles atribuem às substâncias qualidades diversas, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta. Por uma tendência quase natural, o espírito pré-científico condensa num objeto todos os conhecimentos em que esse objeto desempenha um papel, sem se preocupar com a hierarquia dos papéis empíricos (BACHELARD, 1996, p.121). Lopes (2007, p.165) caracteriza o obstáculo substancialista como um conjunto de propriedades que é visto como pertencente à determinada substância; na substância encontra-se a razão única para todas as suas qualidades, não podendo haver variação de qualidade sem variação da substância. Vogelezang (1987) apud Barker (2000) estudando o desenvolvimento do conceito “transformações químicas” em cursos secundários constatou que o fato de ele ser definido como o aparecimento de novas substâncias não leva necessariamente os estudantes a aceitarem esta visão. Eles assumem, pelo menos inicialmente, que em uma reação química o material é conservado e apenas adquire novas propriedades. Neste caso, uma substância é considerada uma fonte de propriedades.

Na resposta de Fabrício, citada anteriormente, fica evidenciado que ele considera que o papel diminui de volume, pois o mesmo é constituído de celulose, e isso justifica esse comportamento:

Fabrício - Na amostra um, no caso do papel, quando queimamos o papel – que é originado da celulose - ele queima e diminui de tamanho e, conseqüentemente, diminui a massa.

A estudante Lara explica os diferentes resultados obtidos com a queima do papel e a queima da esponja de aço, em função das propriedades de cada uma das substâncias envolvidas:

Lara - Eu acredito que seja alguma coisa na propriedade, ou seja, no que constitui aquela matéria. O que me vem à mente é uma diferença nas propriedades, no que constitui o material. Um material estaria sujeito a diminuir a massa durante a queima já o outro ao ser aquecido tenderia a aumentar sua massa.

Durante a entrevista ela apresenta novamente essa concepção. No momento em que a entrevistadora pergunta se os gases formados durante a combustão teriam alguma massa, ela explica que dependendo da origem da substância esta poderá ou não ter massa quando no estado gasoso, reforçando a ideia de que cada substância apresenta propriedades específicas.

Iara - Se esse gás fosse fruto de uma reação química teria massa, mas eu olhando para essa situação não consigo verificar que haveria alguma massa.

“Alguma coisa é gerada” durante a combustão

Há a compreensão de que o processo de combustão gera alguma coisa, que eles não sabem explicar muito bem o que é. Esses estudantes não constroem hipóteses considerando os elementos por eles mesmos indicados, como a presença do gás oxigênio como um participante da reação, mas utilizam explicações voltadas ao resultado, ou seja, se a massa aumentou é por que “alguma coisa” foi gerada pela esponja durante o processo. Com os recursos anímicos, exatamente pela ponte que permitem construir entre o conhecimento do aluno e o conhecimento científico, torna-se mais fácil a operacionalização de conceitos, sem a necessidade obrigatória do entendimento (LOPES, 2007, p.147).

Quando o estudante Lauro é questionado a respeito dos diferentes resultados obtidos nos processos de combustão do papel e da esponja de aço ele diz:

Lauro - A esponja de aço não gera fumaça apenas luz [...] quando a esponja de aço queimou gerou uma “coisa” mais pesada, com mais massa. Poderia ter gerado uma matéria diferente que se uniu com os átomos da esponja de aço, que seria mais pesado.

No decorrer da entrevista, ele afirma novamente a concepção evidenciada acima:

Lauro - A esponja de aço não liberou gases e, portanto tudo que ela gera podemos medir a massa. Já o papel não, ele gerou outros produtos que como são gases não podem ser medidos.

Diferentes processos de combustão

A estudante Talita caracteriza os dois processos de combustão como processos diferentes. Explicações semelhantes foram categorizadas como “modificação” por Andersson (1986, 1990), revelando explicações com a conotação de mudança de estado físico ou de forma durante a transformação, sem modificação da substância em si. Driver (1992) investigando um processo idêntico a queima da esponja de aço, concluiu que aproximadamente $\frac{1}{4}$ dos estudantes previu que o esfregão de metal ficaria mais pesado, porém somente alguns indicaram que o ferro se combinaria com o oxigênio. Um número maior indicou que o aumento se devia às mudanças físicas, incluindo a adição de fuligem proveniente da chama. Um quarto dos estudantes mais jovens disse que os pesos não mudariam depois de queimar o esfregão de metal, argumentando que era ainda o mesmo esfregão de ferro. A pesquisadora esclarece

que embora tenhamos que considerar incorretas, essas respostas indicam que os alunos pensam que as coisas se conservam apesar das mudanças na aparência.

Inicialmente, Talita considera que o papel passa por um processo de transformação química, com modificação da sua composição e que a esponja de aço continua com sua estrutura inicial:

ENT – Qual a diferença entre os dois processos no momento da queima?

Talita - É que o metal ainda mantém a fórmula dele, o papel quando queima muda sua estrutura, já o metal se mantém o mesmo.

ENT - Depois da queima no metal você continua vendo as mesmas características?

Talita - Eu acho que a cor muda.

ENT - Vamos pensar, no primeiro caso você está me dizendo que houve a produção de outras coisas.

Talita - Sim e tudo aquilo que vai com a fumaça.

ENT - O que vai com a fumaça é ainda papel ou é alguma outra coisa que se formou na queima.

Talita - Isso eu não sei. Acho que não é papel.

Como a estudante não consegue sustentar seus critérios para assim caracterizar os processos, durante a entrevista ela muda de opinião, e ao explicar o que aconteceria se os processos em análise fossem realizados em ambiente fechado, ela caracteriza a combustão do papel como um processo físico, onde sua estrutura permanece a mesma, e a combustão da esponja de aço como um processo onde há formação de ferrugem:

Talita - O papel permaneceria a mesma massa, pois ele ainda seria papel e nós conseguiríamos guardar todos os seus resíduos, já a esponja de aço formaria a ferrugem da mesma forma e com isso sua massa aumentaria, ou seja, a esponja de aço se transformaria por causa do fogo.

Tecendo algumas considerações sobre as entrevistas da H2

A análise das entrevistas realizadas a partir da contação da história dois mostra que, embora os estudantes procurem utilizar os critérios geralmente estudados na escola para caracterizar as transformações químicas e físicas, eles não conseguem fazê-lo, e expõem uma série de confusões conceituais durante suas falas, configurando a presença de ideias que podem ser consideradas obstáculos à compreensão dos processos de combustão em análise. Isso ocorre na medida em que eles buscam valer-se dos conceitos sobre as modificações na estrutura da matéria, que demandam a construção de modelos abstratos, para analisar características da percepção do real.

Exceto a estudante Talita que, de forma a explicar suas confusões conceituais, buscou diferenciar os dois processos de combustão, um como químico e outro como físico, como uma hipótese que precisava de alguma forma ser afirmada, todos os demais estudantes explicaram as experiências vivenciadas pelo personagem da história como transformações químicas, contudo, durante suas explicações, ideias caracterizadas como erros conceituais importantes foram apresentados, como a presença de obstáculos substancialistas na elucidação dos motivos pela qual processos

idênticos tiveram resultados diferentes, a proposição do fogo como um reagente da combustão, o não reconhecimento do oxigênio como um dos reagentes envolvidos nos processos, a dificuldade de considerar os gases como participantes de uma reação química, a indiferenciação entre massa, volume e densidade, entre outras compreensões que apontam para uma apropriação inadequada dos conceitos construídos durante a formação básica nas aulas de ciências.

2.2.2.3 História 3 – As aventuras de Eduardo e Ezequiel com materiais de construção

Sabe-se que a maioria dos currículos de ciências do ensino fundamental não contempla em seus conteúdos o estudo das reações de precipitação, no entanto, a construção da história 3 teve como propósito apresentar aos estudantes uma situação onde substâncias nos estados líquido, gasoso e sólido participam dos fatos em análise, de maneira que os estudantes tivessem de formular explicações considerando essas informações. Assim, buscou-se dar atenção para os seguintes questionamentos: A formação de um sólido no processo poderia ser caracterizada como uma reação química nas explicações dos estudantes? Qual a compreensão dos estudantes sobre transformações químicas? Como os estudantes entendem a participação do gás soprado pelo personagem durante a história no processo em análise? Há ou não há conservação da massa durante o processo nas proposições dos estudantes?

Eduardo e Ezequiel são amigos há muito tempo, moram no mesmo bairro e estudam na mesma escola. Os dois têm 13 anos, e passam grande parte do tempo juntos, mesmo no período em que não estão estudando. Na última semana, eles verificaram, ao acaso, uma situação que não compreenderam e que consideraram muito curiosa. Vejamos o que aconteceu: O pai de Ezequiel está fazendo uma pequena reforma na casa da sua família. Ele é pedreiro, assim não precisará contratar profissionais da área para executar a obra, apenas conta com a ajuda de seu filho para alcançar os materiais e ajudar no que for preciso. No final de tarde da última sexta-feira, quando Ezequiel e seu pai já estavam guardando os materiais utilizados no trabalho daquele dia, Eduardo foi visitar o amigo, e ambos sentaram aí mesmo, no pátio da casa onde estão fazendo a reforma. Conversa vai, conversa vem, Ezequiel pegou uma mangueira que seu pai usava para mistura a cal virgem com água, e começou a soprar na água com cal que estava dentro de um balde que seu pai utilizava na construção. Eduardo percebeu que a água ia ficando cada vez mais turva e um sólido branco havia se formado. Eles tentaram deixar a água de cal um pouco parada para ver se voltada à característica inicial, mas o sólido se depositou no fundo do balde, se separando do restante do líquido. Eles chamaram o pai de Ezequiel e explicaram o que havia acontecido, ele disse que teria de descartar aquele material, pois não teria mais o mesmo efeito ao ser misturado com areia na argamassa que prepararia no dia seguinte.

Os amigos não entenderam por que tinham “estragado” a água de cal, se não haviam colocado nada no balde e também não entenderam por que o sólido branco se separou da água. Tentaram mexer, mexer bastante a água e o sólido com o objetivo de dissolvê-lo no líquido, mas isso não aconteceu.

Você poderia ajudar a explicar o que aconteceu?

As respostas dos estudantes estão organizadas em três categorias propostas a partir de três partes importantes das entrevistas: as explicações elaboradas pelos estudantes para o fato apresentado na história antes e depois da contra-sugestão e as hipóteses a respeito da conservação da massa do sistema durante o processo analisado. A análise das entrevistas objetivando a identificação das unidades de registro para a formação das categorias mostrou que os estudantes se baseavam em um mesmo pressuposto para formular suas explicações, dessa forma, para a história 3, os diferentes momentos das entrevistas foram considerados como unidades que constituem as três categorias a seguir.

Separação de mistura: Explicações sobre o fato apresentado na história

Os quatro estudantes entrevistados explicaram o processo de formação do sólido no fundo do balde, apresentado na história, como um processo de separação de mistura, onde a cal se separa da água, ideia essa já identificada por Andersson (1986, 1990) como deslocamento, pois exprime a noção de que durante a transformação química pode ocorrer mudança de estado físico da substância, isto é, ela pode desaparecer de um dado lugar simplesmente por que se deslocou, e então passa a estar em outro lugar. No entanto, cada estudante explicita entendimentos diferentes sobre como ocorre a separação da mistura.

O estudante Julian apresenta uma explicação que remete a um processo por ele denominado sedimentação, onde há a separação de uma mistura, em que um sólido não é solúvel em um líquido. Ele desconsidera a parte da história em que o menino Ezequiel soprou na mistura de água e cal, não avaliando a influência do CO_2 no processo.

Julian- Eu compreendo que a cal sedimentou e ele foi se depositando lá em baixo, seria um processo de separação.

ENT- Um processo de separação de mistura?

Julian- Sim

ENT- Então você considera que o sólido já existia, mas estava dissolvido?

Julian – Sim, a cal foi misturado com água.

Abaixo, a estudante Bárbara diferencia “mistura” e “dissolução”, de acordo com seus critérios. Para ela a dissolução corresponde a um processo em que o sólido e o líquido formam uma mistura homogênea, já a mistura traduz um sistema onde o sólido não se solubilizará no líquido e formará uma mistura heterogênea. Para fundamentar sua explicação busca o conceito de polaridade, indicando novamente que cal e água são substâncias que formam um sistema heterogêneo. A compreensão da estudante a respeito de conceitos científicos estudados na aula de química constitui, nesse caso, um obstáculo para o entendimento do processo em análise.

Além disso, durante suas explicações, a estudante fala de um soluto como uma substância que “some” durante a dissolução, o que remete a uma compreensão caracterizada por Andersson (1986, 1990) como desaparecimento, ou seja, o entendimento de que durante a transformação química ocorre o mero desaparecimento de alguma(s) substância(s). Mesmo com a fala da entrevistadora, lembrando o fato de “o ar” ter feito parte do processo, Bárbara, assim como Julian, não considera a informação relevante para sua explicação.

Bárbara- Na verdade a cal não se dissolveu na água, apenas se misturou.

ENT- Qual a diferença entre misturar e dissolver?

Bárbara- Se dissolver ele some na água

ENT- Sempre que dissolve some? Tu estás fazendo analogia a que?

Bárbara- Água e sal

ENT- Então tu tens um líquido transparente?

Bárbara- Sim

ENT- Então o que poderia ter acontecido?

Bárbara- Pra mim ele não se dissolveu na água totalmente, porque ele é polar e apolar, por que daí fica um no fundo, um por cima, e outro por baixo. Foi para o fundo do balde por que isso estava misturado, aí o ar fez que fosse tudo para o fundo.

ENT- Então a partir do momento que entra uma outra substância, que é o ar, ele vai pro fundo do frasco?

Bárbara- Por que ele não se dissolveu, ele está misturado.

Para o estudante Rodolfo, o ar soprado pelo personagem na história corresponde ao gás oxigênio, e ele indica o oxigênio como responsável pela separação da cal e da água. Inicialmente parece falar de uma reação química, mas quando explica como compreende o processo aponta uma separação entre cal e água. Ele comenta que houve uma solidificação, ou seja, a substância que aparece no fundo do frasco já existia no estado líquido e mudou de estado físico.

Rodolfo- Formou o sólido pela ação do oxigênio, pelo ar.

ENT- Pela a ação de soprar?

Rodolfo- Isso, ai ela foi para o fundo.

ENT- Essa substância que foi para o fundo já existia dissolvida na água, ela apenas se separou, ou foi formada outra coisa?

Rodolfo- Não. Apenas se solidificou. O que estava ali ficou sólido.

O estudante Cássio analisa o fato da história a partir de elementos do nível submicroscópico, na medida em que aponta a formação e rompimento de ligações intermoleculares para explicar o processo de separação da cal e da água. Mesmo mostrando alguns erros de entendimento a respeito de alguns conceitos, ele se expressa empregando termos como moléculas, ligações, precipitado. Esse estudante, assim como Julian e Bárbara, não considera o fato de o personagem Ezequiel ter soprado no recipiente contendo a cal e a água no decorrer da história, mas como se eles tivessem “mexido” a mistura com a mangueira.

Cássio- Talvez as ligações na molécula de cal sejam mais fortes que as existentes entre a cal e a água. Ao mexer elas se juntaram e ela não se dissolveu mais, porque como a cal é um pó

ela não estava ali e quando colocada em água ela se dissolveu e ao mexer elas ficaram mais próximas e se uniram.

ENT- E se separaram da água?

Cássio- Sim.

ENT- É um processo de separação de misturas então?

Cássio- Isso.

ENT- Você acha que só o processo mecânico de mexer ou soprar é suficiente?

Cássio- Talvez.

ENT- A ponto de provocar uma separação?

Cássio- Sim.

ENT- Então é a cal que se separou da água?

Cássio- Sim. É a mesma cal, só antes não estava junto que se juntou e formou um precipitado.

Contra-sugestão: a influência do ar no processo em análise.

Os estudantes Bárbara e Rodolfo desconsideraram as informações da contra-sugestão, escutaram a entrevistadora e imediatamente descartaram a hipótese formulada por outro estudante, indicando que as suas explicações estariam corretas, assim, na medida em que não trazem informações que possam contribuir para a análise em questão, suas falas não serão utilizadas. Já Julian e Cássio dialogaram a respeito do que foi informado na entrevista e expressaram suas opiniões.

Julian utiliza um conhecimento do cotidiano, afirmando que a cal é uma substância que reage facilmente com outras substâncias, informação oriunda, provavelmente, de alguma vivência onde a cal tenha sido utilizada. No entanto, mesmo aceitando a possibilidade de o gás ter influenciado no fato vivenciado na história, apresenta dificuldades em imaginar o oxigênio (gás soprado pelo personagem Ezequiel, segundo o estudante) reagindo com a cal.

ENT- Outro estudante indicou que ao soprar dentro da mangueira, o ar poderia ter influenciado no processo, e ter ocasionado a separação. Tu consideras isso válido?

Julian - Eu acho que faz pensar, por que algum sentido teria que ter quando ele soprou, e eu sei que a cal virgem entra em reação fácil com as várias substâncias, mas com o oxigênio assim eu não vejo como ele poderia reagir a ponto de solidificar em baixo. Por que tu sabes que o sólido que a gente tá falando, é tipo uma areia.

As concepções de estudantes a respeito de reações químicas envolvendo gases nos seus reagentes ou produtos também foram analisadas por Barker (2000) e a pesquisadora indica que esse é um tema problemático para os estudantes, na medida em que, alguns alunos acham difícil de aceitar gases como “substâncias”, e não pensam que eles têm massa, ou confundem massa e densidade. Além disso, a maioria dos gases é invisível, e apresentar uma reação que envolve oxigênio é difícil de entender porque o oxigênio é removido do ar sem ninguém estar apto para ver isto acontecer. Outra razão apresentada pela autora indica que modelos sobre partículas da matéria que são pobres contribuem para a dificuldade dos alunos, pois, sem

realmente entender o que acontece no nível molecular, os alunos criam, naturalmente, as suas próprias teorias.

Cássio apresenta outras possibilidades de resposta antes mesmo que a entrevistadora possa sugerir-las, indicando o que outros estudantes estariam pensando sobre o processo, porém ele descarta essas possibilidades, e continua com sua explicação anterior. Isso demonstra que ele tem outras hipóteses para o que foi debatido, mas que considera a sua explicação como a mais “verdadeira”. Para o estudante o gás que foi soprado pelo personagem Ezequiel é o oxigênio, e a partir dessa afirmação apresenta a hipótese de formação de uma nova substância química, mas descarta-a em seguida.

ENT - Uma coisa que eu faço é apresentar outra resposta possível dada por outro aluno quando esta mesma história foi contada. Essa história já foi contada várias vezes para estudantes de outras instituições de ensino, e temos repostas diferentes de acordo com a vivência desses estudantes.

Cássio - Eu imagino que uma das respostas seja que ele iria decantar sozinho, mas que mexer acelerou o processo.

ENT - Essa resposta é uma das que aparece. Mas tu não concordas com esta afirmação?

Cássio - Não. Sem mexer continuaríamos a ter uma mistura homogênea.

ENT - Mais alguma ideia?

Cássio - Outra pessoa pode ter dito que o precipitado é uma outra reação formada ao mexer a mistura.

ENT - Mas isso você também não acha que seja possível?

Cássio - Não.

ENT - Essa é uma das respostas que aparece, a justificativa de alguns alunos é que ao soprar estaríamos jogando ar para dentro da mistura, e esse ar faz com que uma nova substância se forme.

Cássio - E isso formaria um óxido de cálcio, faria sentido pensar nisso, mas acho que ainda não está completamente explicado. Faria sentido pensar, pois o oxigênio reagiria com essa mistura e formaria uma outra coisa que se precipita.

ENT - E você também não considera isso válido?

Cássio - Acho que não.

Conservação da massa:

Possivelmente, a dificuldade em perceber que as mudanças observadas nas transformações químicas são consequência de rearranjos dos átomos leva estudantes a não usarem adequadamente o raciocínio de conservação de massa, muitas vezes já empregado com facilidade em relação a outros fenômenos, como mudanças de estado e dissoluções. Muitos estudantes tendem a prever que uma reação de precipitação ocasiona um aumento de massa do sistema, pois um sólido foi formado, e os sólidos são mais pesados que os líquidos. O estudante que desenvolve esse tipo de ideia provavelmente confunde densidade com massa (MORTIMER E MIRANDA, 1995).

Buscando analisar como os estudantes compreendiam o processo quanto à conservação de massa, a entrevistadora solicitou que os estudantes propusessem o que iria acontecer se a massa do sistema fosse verificada antes e depois do processo

descrito. Dois estudantes disseram que não haveria variação na massa e os outros dois explicaram que sim, que a massa seria diferente, conforme apresentado abaixo nas transcrições das entrevistas.

O estudante Julian apresenta uma característica diferente dos demais durante a entrevista, pois após a contra sugestão utilizada, ele reflete sobre o fato do personagem soprar na água com cal, e assim, modifica sua opinião a respeito da variação da massa do sistema. Inicialmente ele afirmava que a massa do sistema não mudava durante o processo, no entanto, após a contra sugestão, o estudante passou a considerar a explicação apresentada por outro estudante, e passou a ver o sólido como uma substância formada durante o processo. Dessa forma, ele reanalisa também sua explicação a respeito da manutenção da massa. Cabe ressaltar que sua explicação a respeito da conservação da massa revela que este estudante entende que quando há modificação na composição da substância, haverá também alteração na massa, caracterizando que processos físicos ocorrem com a conservação da massa e processos químicos não.

ENT- Vou fazer a mesma pergunta que fiz anteriormente: você acredita que há modificação na massa durante o processo ou não há alteração?

Julian – Há uma alteração, por que me fez pensar, não sei, se os elementos que estavam aí, tem alguma especificidade que não teria uma massa, seria (pausa), ele só soprou, se iria mudar o peso, pode ser até que mude, tem uma reação, tem uma alteração na matéria, então acho que pode ter uma alteração na massa também.

ENT- Então tu achas que antes, por pensar em uma transformação física, os elementos já estavam lá, só se separaram e não havia alteração, agora, por considerar uma interferência externa, uma reação química, tu consideras uma alteração na massa?

Julian- sim, se tiver transformação da matéria que há possibilidade de transformação na massa. Eu só consigo ver essas duas hipóteses.

A estudante Bárbara considera que não há modificação alguma no sistema, apenas a separação da mistura, o que não acarreta modificação na massa.

ENT - Se nós tivéssemos uma balança no momento em que isso está acontecendo, e se fizéssemos a medida de massa, do balde antes de separar o sólido, e depois, tu achas que haveria alguma mudança na massa ou continuaria tudo igual?

Bárbara -Eu acho que ele vai continuar igual. Faz diferença de quando ele estava misturado e depois quando ele foi pro fundo?

ENT -É isso que eu queria saber o que tu pensa?

Bárbara -Eu acho que não, por que igual o cal vai estar ali, ele estava misturado, então eu acho que a massa vai ser a mesma.

Rodolfo considera que a cal apresenta maior massa quando separado no fundo do balde, deixando subentendido que o sólido apresenta maior massa que o líquido. Passa a considerar a presença e a massa do oxigênio (gás considerado pelo estudante como participante do processo em função da ação de soprar efetuada pelo menino da história), e acredita que esse gás ficará dissolvido na água como o gás dos refrigerantes.

ENT - Se nós dois pudéssemos estar lá e pegar aquele balde e colocar numa balança e verificar a massa, e depois da formação do sólido verificar a massa novamente. Você acha que haveria alteração na massa?

Rodolfo - Acho que sim.

ENT - Aumentaria ou diminuiria?

Rodolfo- Aumentaria, porque quando ela se solidificou, ficou mais pesada. Quando a água e a cal entram em contato com o oxigênio estas se separam, ficando a cal mais pesada.

ENT - Então o processo de separação de misturas faz com que a massa aumente?

Rodolfo - Sim.

ENT - E aquele ar que foi jogado lá dentro, tem alguma influência neste aumento de massa? Ou ele não é considerado?

Rodolfo - Sim. Aumenta.

ENT - E ele fica lá dentro como se fosse um refrigerante fica com as bolhas do gás?

Rodolfo - Se não mexer bem fica.

Ao manter a explicação do processo como uma separação de mistura, Cássio considera que nada entrou e nada saiu do sistema, então a massa continua a mesma.

ENT- Se quiséssemos reproduzir essa reação em laboratório e pegássemos primeiramente a mistura homogênea em uma balança e verificássemos a massa, realizássemos o processo que ocasiona a separação, e verificássemos a massa novamente, você acha que haverá alteração na massa?

Cássio - Não, porque continua sendo a mesma mistura, não foi colocado nada mais. Simplesmente ela se separou do que já existia.

ENT - Então, por termos um processo de separação de mistura que é físico temos as mesmas substâncias só que agora separadas?

Cássio - Isso. Daria o mesmo resultado de pesar esse sólido e água separadamente e depois somar suas massas.

Tecendo algumas considerações sobre as entrevistas da H3

As elucidações dos sujeitos que participaram das entrevistas envolvendo a história três tornam evidente a dificuldade que os estudantes têm em considerar o gás como participante de um processo. Na grande maioria das falas o fato de o personagem ter soprado na água com cal não foi considerado para a análise da formação do sólido no fundo do frasco.

Outra informação importante oriunda das falas dos estudantes é o fato de o ar soprado ser caracterizado como oxigênio gasoso, tanto por Rodolfo, o único estudante que considerou a influência do ar no processo de separação da mistura, quanto por Julian e Cássio, durante a contra sugestão, momento em que dialogaram com a entrevistadora a respeito da influência do ar soprado pelo personagem.

A hipótese formulada por Bárbara para o processo avaliado na história chama muito a atenção para a assimilação inadequada de conceitos estudados anteriormente, conceitos esses que compreendem a dissolução de substâncias, formação de misturas e diferenças de polaridades e que são utilizados pela estudante de forma equivocada, com um significado diferente daquele das teorias científicas.

Considera-se que o diagnóstico obtido com as explicações dos estudantes voluntários da história três torna-se um conteúdo importante para professores refletirem sobre possíveis compreensões que os estudantes tenham sobre conceitos que são muito utilizados nas aulas de química e desse modo, pensar formas de organizar situações de aprendizagem sobre conteúdos que envolvam principalmente conceitos como misturas, separação de misturas, dissolução, ionização, reações químicas envolvendo reagentes ou produtos gasosos e/ou sólidos.

2.2.2.4 História 4 – Antônia e seu tempo de criança

O principal objetivo das entrevistas envolvendo a história 4 (H4) não foi o de verificar se os estudantes conseguiam explicar o processo de oxidação e redução apresentado no contexto da história, pois eles estão cursando o primeiro ano do ensino médio, e provavelmente, ainda não estudaram esses processos, porém buscou-se verificar como eles compreendiam o fato, e como o relacionavam com os conceitos já estudados em ciências no ensino fundamental e em poucos meses de química no ensino médio. Nosso olhar estava voltado para se eles considerariam um processo onde há produção de novas substâncias (transformação química), se os gases eram considerados como participantes do processo e ainda, qual era o entendimento dos estudantes sobre a conservação da massa no processo.

Antônia é uma adolescente que vive com seus pais em Canoas, cidade da região metropolitana de Porto Alegre – RS. Ela foi uma criança muito ativa, e teve a oportunidade de morar com sua família em uma casa com um grande pátio nos fundos. Nesse pátio havia árvores, flores, uma fonte de água e uma pequena horta, onde sua mãe cultivava verduras e legumes que sempre alimentaram a todos da família. No pátio havia também um balanço que o pai de Antônia confeccionou pregando, em uma das árvores, duas correntes em um pedaço de madeira, que serviu como base do balanço. Esse era o lugar preferido de Antônia, onde, na sombra de uma das árvores ela podia se balançar e sentir o vento batendo no rosto, sentindo uma sensação de liberdade. Muitas amigas de Antônia iam até a sua casa durante as tardes ensolaradas para brincar, e o balanço sempre foi um espaço disputado, possibilitando a aprendizagem do valor de “compartilhar” entre as amigas. Antônia cresceu, tornou-se uma adolescente, e o ambiente que marcou sua infância foi ficando cada vez menos frequentado, até o dia em que seus tios vieram visitar sua família com um primo que Antônia ainda não conhecia. O primo chamava-se Tiago, e tinha 3 aninhos. Então ela pensou em levá-lo para brincar no seu “adorado” balanço. Mas, para surpresa de Antônia, seu pai a aconselhou a não levá-lo para o local, pois os pregos de ferro que o sustentavam estavam enferrujados e assim, ele poderia quebrar, provocando um acidente. Antônia perguntou ao pai: Como você sabe que os pregos estão enferrujados? O seu pai respondeu: eles estão com uma coloração entre o amarelo e o vermelho, e ainda, alguns até já se soltaram da madeira, estão danificados, corroídos e não sustentarão o peso do teu primo Tiago. O tio de Antônia então sugeriu, vamos comprar pregos novos e substituir os enferrujados, assim você poderá recuperar esse lugar da sua infância, agora cuidando e brincando com seu priminho.

Em seguida serão apresentados trechos das entrevistas com os três estudantes onde aparecem suas concepções a respeito do processo de ferrugem dos pregos problematizado na H4. Diferentemente das outras três histórias, os resultados da análise das respostas desses estudantes não foram organizados em categorias, pois apresentavam características diferentes umas das outras. Compreendeu-se que categorizar nesse caso resultaria na perda de informações importantes para a pesquisa.

A ferrugem para a estudante Diana

Inicialmente, Diana indica a ação de fatores do ambiente, como a chuva, na produção de ferrugem, no entanto ela mesma faz o contraponto indicando que os pregos que não estão expostos a esses agentes também enferrujam e, assim, busca elementos que sejam comuns em qualquer ambiente para explicar o fato. Percebe-se que, para a estudante, uma reação química envolve a formação de novas substâncias, diferentes das iniciais, e utiliza esse conhecimento para construir hipóteses, indicando a possibilidade de ocorrência de uma reação química para a formação da ferrugem, mas por não ter um modelo claro, sente-se insegura no momento de formular explicações, tanto que, mesmo indicando a formação de novas substâncias pela “junção” do prego e dos gases, a estudante pensa que a massa do prego continua a mesma após o processo de corrosão, desconsiderando a massa dos gases.

ENT - O que é essa ferrugem pra ti? Como é que tu enxerga ela?

Diana - Pra mim, é que alguma substância, não sei, ou alguma coisa assim, é que pra mim, como ele estava na rua, estava na árvore, então a chuva essas coisas se transformou,, não sei, pega no prego e depois se enferruja.

ENT – Então pensa no prego antes, logo que foi colocado, e depois, enferrujado, se você pudesse colocá-los em uma balança para verificar a massa, você acha que mudaria?

Diana - Acho que não!

ENT - Na história, está dizendo que ele ficou com uma coloração diferente. O que isso significa?

Diana - Acho que tem alguma coisa, uma substância, eu não sei (pausa) pra mim, pra mim, é como um líquido, pra mim é um líquido, que daí se transforma em outra coisa, em ferrugem, tipo que daí aquela cor mais para marrom

ENT -E esse líquido que ficou dessa cor tu acha que se formou como?

Diana- Acho que não é só a chuva, por que tem também dentro de casa, ferro que enferruja, então também pode ser, mas deve ser outra coisa! Mas aí?

ENT - O que tem dentro de casa que tem fora de casa também?

Diana - Tem os gases, é!

ENT - Mas e daí, o que acontece, como é que tu entendes esse processo? (silêncio)

Diana - Acho que ele sofre uma transformação química, eu acho, por que ele vai mudar alguma substância, eu acho, que ele vai entrar em contato com alguma substância, que vai, que vai, [pausa] como na queima da madeira também muda a substância, a molécula não sei. Isso também eu acho que vai acontecer na ferrugem.

ENT - Então tu estás falando de uma reação química?

(Indica que sim com a cabeça)

ENT - Vamos pensar em dois componentes antes, o ferro (prego) e o gás e depois aquele prego danificado. Então, as substâncias envolvidas, tu estava falando, elas continuam aí presentes, ou formou outra coisa agora, como tu enxerga esse isso?

Diana - Pra mim essas, no caso os gases, e o ferro se juntou e formou outra coisa.

ENT- outro estudante explicou esse mesmo processo dizendo que o ferro continua sendo ferro depois que forma aquela coloração característica da ferrugem, é o mesmo ferro, só que isso acontece por que é normal acontecer isso com os metais, eles aparecem de uma forma em uma determinada situação e depois mudam de acordo com a situação. O que tu pensa a respeito dessa explicação?

(fica um tempo em silêncio)

Diana – Eu acho que continuo pensando igual.

De acordo com Gómez Crespo e Pozo (1992), as ideias sobre conservação nas reações químicas têm sido estudadas em processos de oxidação e os resultados obtidos mostram várias possibilidades. Aparecem interpretações nas quais se considera que a massa diminui, como por exemplo, ao ver o aspecto esponjoso da capa do óxido, os estudantes indicam que o óxido come o metal. Os que pensam que a massa aumenta explicam que se adiciona óxido ao metal. Os que consideram que a massa não varia explicam oxidação que a substância segue sendo a mesma, somente houve uma mudança no aspecto. A explicação da estudante Diana apresenta uma possibilidade de ocorrência de uma reação química em que a massa do prego não é alterada, como já foi relatado por Barker (2000), segundo a qual, a minoria dos alunos atribui a ferrugem a uma reação química, nem sempre vista como incluindo oxigênio, mesmo quando se sabia que oxigênio estava envolvido, os alunos não necessariamente associavam isto com um aumento em massa.

A ferrugem para a Estudante Camile

Camile sugere diferentes fatores como responsáveis pela ferrugem, a água, o tempo, a temperatura. Para ela o fato de o ferro “tornar-se outra substância” não significa “modificar sua composição química”, o que indica confusão em relação a conceitos da química. Essa forma de explicar já foi relatada por Andersson (1986, 1990) e caracterizada como “modificação”, ou seja, os estudantes usam a ideia de que durante o processo uma substância mesmo parecendo nova, continua sendo a mesma substância e mantendo sua identidade, porém de forma modificada, com alteração de algumas das suas propriedades.

ENT - O que tu achas que aconteceu com o prego para ele enferrujar?

Camile - Eu acho que pode ter sido a água, porque enferruja geralmente por causa da água.

ENT - Então como o balanço está em um ambiente aberto, tem sol, chuva. E pregos que não ficam expostos a chuva, tua acha que não enferrujam?

Camile - Eu acho que enferrujam com o tempo.

ENT - Tu achas que esse ferro que havia antes, continua compondo o prego depois? Depois da ferrugem, esse ferro do prego continua igual?

Camile - Eu acho que é o mesmo ferro que se modificou. Ele só foi, por exemplo, assim como a água que vai do sólido para o líquido, ele foi se tornando outra substância. Não que a composição química tenha mudado, mas o estado dele, não o estado físico, o estado dele vai mudando.

ENT - Então continua sendo ferro, mas outro ferro?

Camile - É porque eu acho que não tem como uma substância se misturar com ele sendo que ele já está no estado sólido.

Nessa última fala, a estudante demonstra que dentre suas ideias está a de que os sólidos não participam de reações químicas. E ainda, ela utiliza o termo misturar para explicar que não teria como o ferro reagir estando no estado sólido, assim os conceitos reagir e misturar são tratados como sinônimos. Quanto à conservação da massa, é mais comum os alunos pensarem que a massa de um prego enferrujado seria mais leve do que o prego original, porque a ferrugem “corrói” o metal (BARKER, 2000); e é essa a explicação que constitui a fala da estudante Camile.

ENT - Agora pense, se tu pudesses pegar esse prego antes de pregar no balanço, e colocar em uma balança e verificar a massa, e depois de já ter enferrujado, pegar o mesmo prego e ver a massa novamente. Ao verificar a massa antes e depois, tu acha que ela se mantém?

Camile - Eu acho que vai ficar menor

ENT - Por quê?

Camile - Ela vai se decompondo e a massa vai ficando menor.

ENT - E esse material que não está mais presente, foi pra onde?

Camile - É que ele vai perdendo pedacinhos, então vai diminuindo.

ENT- Para um outro estudante o processo acontece pela presença do ar, ou seja, forma-se uma substância que não existia antes. Tu achas essa explicação válida?

Camile - É que eu não consigo ver o ar, por que eu acho que para formar outra substância teria que ter alguma outra coisa, por exemplo a temperatura, que tivesse a ver com o processo. Acho que só o ar não teria como simplesmente passar do metal e se transformar em outra substância.

ENT - Então tu achas que se esse ferro fosse aquecido e se tornasse líquido, teria a possibilidade de se transformar em outra coisa?

Camile - Sim, por que acho que a água vai corroer ele, já o ar acho meio difícil corroer ele, eu acho que a água tem mais possibilidade, por que, não que ele se misture com a água, nem que transforme a substância, mas acho que o contato com a água, justamente, eu imagino que vai ter alguma substância, alguma coisa que vai entrando em contato com a água e se torna outra. É que eu não consigo imaginar ele, sólido, se transformar em outra coisa, mas ao mesmo tempo, agora eu parei pra pensar, ele vai acabar se transformando em outra coisa, ele vai mudar.

A estudante tem dificuldade de imaginar uma reação entre um gás e um sólido, o que demonstra que o estudante fundamenta suas explicações nas suas percepções a nível macroscópico. Ela não busca formular hipóteses em um nível abstrato, propondo situações para além do que ela pode ver.

A ferrugem para a estudante Olga

A estudante apresenta a umidade como algo adquirido pelo prego e responsável pela ferrugem. Além disso, a falta de “uso” do prego também é apontada como fator que provocou a ferrugem. As falas da estudante remetem a presença de obstáculos animistas por meio de confusões entre o vital e o material (BACHELARD, 1996, p. 186) na forma de compreender o processo de ferrugem. Quanto à conservação da massa,

inicialmente Olga considera que a ferrugem provoca um aumento na massa do prego, mas após a contra sugestão muda de opinião, considerando que a camada externa que aparece esconde um ferro em decomposição internamente.

ENT - Queria que você me ajudasse a entender o que aconteceu com os pregos. Quando fala que enferrujou. O que é essa ferrugem? O que tu acha que aconteceu? Por que eles enferrujaram?

Olga - Porque de certo pegou muita umidade.

ENT - Umidade. Por que ele estava em um ambiente aberto?

Olga- É.

ENT - Então vamos pensar. Tu estás me dizendo os motivos para o ferro enferrujar. Em função da umidade e de ele estar em um ambiente externo.

Olga - E também por ele ser antigo, pode ser. E por ficar muito tempo sem ser utilizado.

ENT - O que tu acha que é essa ferrugem? Ela já estava presente, ou ela se formou durante o processo, ou, o que aconteceu?

Olga - De uma certa maneira ela já existia, mas só depois de ter acontecido alguma coisa ela veio a aparecer. Por estar na umidade e não ser muito utilizado o ferro vai modificando.

ENT - Se nós pudéssemos fazer uma experiência. Temos uma balança e a gente verifica a massa do prego antes dele enferrujar, depois pregamos ele, esperamos um tempo até enferrujar. Retiramos ele e vamos pesar novamente. Tu achas que a massa continua a mesma?

Olga - Não. Eu acho que aumenta. Porque tem mais uma camada, digamos assim.

ENT - Mais uma camada que antes não aparecia. Então tu esta me dizendo que continua a mesma coisa e o que já estava ali apareceu. Por que a massa aumentou?

Olga - Eu acho que é porque tem mais uma camada. A camada veio tornar ele mais pesado.

ENT - Tu havias falado que a ferrugem já existia e que ela veio a aparecer devido a umidade que agiu sobre o prego, certo? Se ela já existia, como é que a massa aumentou? Tu acha que tem algum agente externo? Como você entende essa camada?

Olga -Eu acho que essa camada aumentou por causa do tempo.

ENT - Tempo que ele ficou lá?

Olga- É.

ENT - Então se eu pegar o mesmo prego e colocar num ambiente fechado por bastante tempo ele vai enferrujar também?

Olga- Vai.

ENT - O que acontece durante este tempo para ele enferrujar?

Olga - Ou ele pode não estar sendo utilizado para ele enferrujar.

ENT - Então, se fosse um prego que nós mudássemos de lugar isso não iria ocorrer?

Olga - Dependendo. Se fosse muito tempo eu acho que iria. O prego vai enferrujar um dia, não vai ser para sempre um prego bom.

Nesse momento Olga apresenta o que Andersson (1986, p.551) chama de “It is Just like that”, ou seja, é assim, simplesmente não é possível entender e explicar tudo. Nesse caso, para a estudante é natural que isso aconteça com o prego.

ENT - Um estudante disse que a ferrugem faz com que a massa diminua, porque é como se o ferro sofresse uma decomposição, como se ele ficasse quebradiço, ou seja, ele vai perdendo pedaços ao longo do tempo, fato que faz com que ele se solte e diminua sua massa. Essa é uma contra sugestão, selecionei uma resposta diferente da tua, dentre as inúmeras existentes. O que tu achas disso?

Olga - Eu acho que ele está certo. Faz mais sentido. Eu retiro o que eu disse e concordo com ele.

ENT - Diminui a massa então. Vamos pensar agora no que tu disseste. A ferrugem seria uma camada que se fica a mais por fora.

Olga - Mas pode ser que as camadas de dentro do ferro vão se desmanchando e cria uma nova em cima.

ENT - Então essa ferrugem não é mais o ferro que existia antes. É uma outra coisa ou é um ferro que existia antes, mas que agora tem uma nova aparência?

Olga - É o mesmo ferro que existia antes só que com uma nova aparência. Pois não tem porque por dentro não ser mais ferro se só vai mudar por fora.

Alguns alunos tendem a tratar a ferrugem como um tipo de “mudança de estado do ferro”, em que “o ferro virá pó”. Assim, o estudante tende a ignorar a alteração de massa que ocorre no sistema, afirmando que o prego enferrujado pesa o mesmo que o prego sem ferrugem, pois “ferro e ferrugem são a mesma coisa, em formas diferentes”. É muito comum, também, que o estudante recorra a uma espécie de transmutação para explicar as transformações químicas. Nesse tipo de explicação, a transformação não é vista como resultado da interação entre diferentes substâncias que resultam em substâncias distintas, mas como a realização de uma certa ‘potencialidade’ da substância transmutada. Assim, o ferro vira ferrugem porque “o ferro tem uma tendência natural a se enferrujar” (MORTIMER e MIRANDA, 1995).

Tecendo algumas considerações sobre as entrevistas da H4

Explicações fundamentadas em teorias individuais diferentes das teorias que estruturam os conceitos cientificamente aceitos para o estudo da ferrugem foram evidenciadas nas respostas elaboradas pelas três estudantes, todavia, percebeu-se que essas teorias resultam de diferentes compreensões a respeito do que seja a ferrugem.

Embora não consiga formular um modelo que explique a transformação da matéria em nível microscópico, a estudante Diana buscou utilizar como critério para a avaliação dos fatos da história o conceito que ela tem construído para uma transformação química, assim, mesmo sem identificar com clareza os reagentes e produtos envolvidos, e desconsiderando a massa “dos gases” por ela definidos como reagentes, a estudante formula explicações seguindo o pressuposto de que há a formação de uma “outra coisa”, ou seja, uma nova substância.

Diferentemente, a estudante Camile compreende que “formar uma outra substância” é característica de procedimentos envolvendo transformação de estado físico, e não a mudança da composição química, fato que indica uma confusão conceitual que poderá conduzir a estudante a outros erros conceituais. Ela explica o processo fundamentalmente pelo que é perceptível, por meio de aspectos visíveis, concretos, como no entendimento de que as misturas, relatadas aqui como situações onde as substâncias teriam contato para então reagir, somente seriam possíveis no estado líquido, excluindo sólidos e gases.

Olga apresenta explicações fundamentadas pelo realismo ingênuo (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009), ou seja, as coisas são de certa forma porque são assim. Não há, como no caso das demais estudantes participantes, uma tentativa de relacionar, mesmo que de forma confusa, conceitos estudados em ciências ou química, com o fato em análise.

2.2.3 Considerações finais: O que as explicações dos estudantes sobre os fatos presentes nas histórias nos indicam?

A conclusão da análise das explicações dos estudantes que participaram das entrevistas com as quatro histórias possibilita a elaboração de considerações abrangendo a totalidade dos resultados obtidos. Assim, percebe-se que, mesmo com a utilização de reações químicas distintas em cada história, há, nas explicações dos estudantes, compreensões pautadas em noções semelhantes entre si e diferentes das cientificamente aceitas, sobre os quais se desenrolam os parágrafos seguintes.

Dentre os critérios utilizados pelos estudantes para caracterizar e explicar a ocorrência de transformações químicas, foram evidenciados: a irreversibilidade do processo, a indicação de formação de substâncias distintas das inicialmente percebidas, assim como, o entendimento de que não há necessidade de formação de novas substâncias para que uma reação química ocorra. No caso da irreversibilidade e da formação de outras substâncias, evidenciados nas entrevistas das histórias 1 e 4, os estudantes partiam de critérios aprendidos no ambiente escolar e que, para eles, precisavam ser respeitados nas interpretações dos fatos de forma a fundamentar suas respostas. Já na situação em que o fenômeno é analisado como uma reação química em que não há a formação de novas substâncias, entende-se que o estudante emprega a linguagem científica para legitimar suas teorias individuais.

Nas entrevistas com as quatro histórias, estudantes caracterizaram as transformações químicas apresentadas como transformações físicas, fundamentados na percepção das modificações ocorridas com os materiais envolvidos nos fatos narrados durante a contação das histórias. A explicação de que uma determinada substância já existia, e apenas mudou de lugar durante o processo vivenciado pela personagem da história, esteve presente nas entrevistas de estudantes das histórias 1, 2 e 3. O entendimento de que algumas propriedades, como o estado físico ou a aparência, mudaram durante a transformação, mas que a substância continuava sendo a mesma antes e depois, foi apresentado por estudantes em entrevistas de todas as histórias. Embora com critérios diferentes, todos os estudantes entrevistados por meio da história 3 caracterizaram a transformação química, onde há a formação de um precipitado, como um processo de separação de mistura.

Além disso, ao formular esclarecimentos para os fatos apresentados nas histórias, uma estudante entrevistada na história 3 afirmou que durante a dissolução a

substância “some” na água, ou seja, ela entende que as substâncias podem desaparecer, e ainda, em uma das entrevistas da história 2, em que uma estudante tentava justificar a diferença nas massas dos produtos obtidos nos processos de combustão, o fogo foi considerado como um dos reagentes.

Esteve presente em diferentes situações (história1, 2 e 4) o entendimento do conceito *misturar* como equivalente ao conceito *reagir*. A forma como o conceito *misturar* é utilizado nas falas dos estudantes remete a uma construção de senso comum, com o significado resultante das vivências do cotidiano, ou seja, como relativo a colocar em contato, o que para esses estudantes constitui a possibilidade de *reagir*. Acredita-se, assim, que o processo de “*misturar e/ou reagir*” é entendido por eles como uma situação em que “perceptivelmente” duas ou mais substâncias terão a oportunidade de, em contato, se transformarem em outra(s) substância(s). Por que perceptivelmente? Pois, segundo os comentários dos estudantes, esse processo somente será possível se as substâncias envolvidas estiverem no estado líquido, ou se ambas forem gases, excluindo-se a ocorrência de reações químicas com reagentes sólidos ou com reagentes em diferentes estados físicos, na medida em que se acredita que um sólido não se *mistura* com um gás, não será possível a reação entre eles. Assim, evidencia-se que esses estudantes fundamentaram suas explicações no que para eles é perceptível, caracterizado como macroscópico, sem a utilização de representações numa perspectiva submicroscópica, característica das explicações científicas, tal como no emprego dos conceitos *misturar* e *reagir*, que não constituíam uma apropriação de conceitos estudados em ciências, mas sim, termos utilizados e construídos informalmente, no cotidiano.

Esse mesmo conceito *misturar* apareceu também com outra definição, igualmente distinta da cientificamente aceita, porém, em meio a uma tentativa da estudante Bárbara (entrevista com a história 3) de utilizar conceitos por ela assimilados durante seus estudos. Com uma origem diferente da mencionada no parágrafo anterior, a explicação para o conceito *misturar*, neste caso, remete a um grupo de concepções construídas no ambiente escolar, por meio das situações vivenciadas nas aulas de ciências e/ou química, e merece a mesma atenção, na medida em que indica a utilização de estratégias didáticas que, da mesma forma, resultam em erros conceituais importantes.

Os obstáculos à aprendizagem de conceitos cientificamente aceitos mais recorrentes nas explicações dos estudantes que participaram das entrevistas das quatro histórias estão relacionados à interação entre substâncias em diferentes estados físicos. Substâncias no estado gasoso, na maioria das vezes, são invisíveis, e por tanto, foram desconsideradas nos diagnósticos dos sujeitos, indicando a importância da análise visual na percepção de transformações, e conseqüentemente para elaboração de hipóteses que contemplem os gases como reagentes e/ou

produtos. Pelo mesmo motivo, a conservação da massa e da matéria não foi considerada em muitas explicações onde há a participação de substâncias gasosas.

Foram evidenciadas também situações em que os estudantes atribuem características vitais às substâncias, ideias comumente encontradas nas explicações de crianças de menor idade, quando comparadas aos estudantes entrevistados, no entanto, compreende-se que, provavelmente esses estudantes não tiveram a oportunidade de vivenciar situações em que pudessem reconstruir essas interpretações. Da mesma forma, comentários que mostram análises oriundas de um realismo ingênuo, como no caso da estudante Olga (história 4), em que há o entendimento de que as coisas são assim por que simplesmente são assim, também demonstraram uma análise superficial e limitada dos fenômenos.

A dificuldade em analisar a conservação da massa nas transformações problematizadas mostrou-se diretamente relacionada com o desconhecimento, ou a incompreensão, das reações químicas como situações onde há a interação entre substâncias com a produção de novas substâncias, com características diferentes das iniciais, mas conservando o mesmo número de átomos, que constituem essas substâncias, e a massa. Entende-se que para isso os estudantes precisam ter elaborado um modelo representacional para além do que eles percebem, em um nível abstrato.

As explicações dos estudantes explicitaram híbridos conceituais elaborados pela indiferenciação entre conceitos científicos e seus conhecimentos prévios, que os levaram a distintas interpretações em relação à conservação da massa nos fenômenos de cada história. Por exemplo, ao desconsiderarem os gases ou os sólidos, presentes ou nos reagentes ou nos produtos, como substâncias participantes das reações, os estudantes também desconsideraram a possibilidade de conservação da massa. Em outros casos em que consideraram esses reagentes e produtos, afirmavam ser a massa dos gases insignificante. Ainda, pautados pela percepção que construíram ao longo da vida a respeito dos diferentes materiais, consideraram que os sólidos apresentam maior massa que os líquidos, e elaboraram relações confusas entre massa, volume e densidade.

Da mesma forma, a explicação de que em uma reação química uma substância age sobre a outra, sendo uma ativa e outra passiva, ou que é em função das características de determinadas substâncias que se explicam os fenômenos descritos nas histórias, significam que esses estudantes entrevistados nas histórias 1 e 2 interpretaram as transformações químicas partindo de pressupostos conceituais que são obstáculos à aprendizagem de conceitos fundamentais da química, como a interação entre substâncias.

Entende-se assim, que de forma geral, a falta de conhecimentos fundamentados por modelos abstratos, em um nível representacional simbólico ou submicroscópico não permitiu a interpretação dos fatos apresentados na história à luz do conhecimento

cientificamente aceito. Enfatiza-se que o fato de alguns estudantes explicarem que em uma transformação química há formação de novas substâncias não garante que eles tenham compreendido o que são transformações químicas e as leis que caracterizam esses processos.

2.3 Resolução de Problema em Lápis e Papel: Concepções de estudantes sobre um processo envolvendo uma combustão

As interações que ocorrem no ambiente escolar entre professores e estudantes e entre estudantes e estudantes possibilitam que os sujeitos vivenciem distintas oportunidades de aprendizagem. São muitas as possibilidades que podem ser elaboradas e desenvolvidas pelo professor para buscar conhecer como os seus estudantes explicam determinados fenômenos que são ou serão estudados no espaço escolar, por exemplo, a resolução de exercícios, a apresentação de trabalhos pautados nos seus conceitos e em pesquisas, a elaboração de textos, a representação de ideias por meio de desenhos, entre outros, todos com a possibilidade de realização individual ou em grupos, de acordo com os objetivos pretendidos.

E por que é importante que o professor conheça o “como” seu estudante explica determinadas situações que são ou serão objeto de estudo? Partindo do pressuposto de que o professor é um construtor de conhecimentos, e que o contexto escolar é um espaço no qual o professor pode agir com liberdade e compartilhar suas construções, sendo acolhido nas possibilidades que abre para se refletir sobre questões educacionais e epistemológicas (COLLARES, 2003), entende-se que para criar condições para os estudantes aprenderem, o professor precisa conhecer o que o estudante já sabe, ou seja, como ele compreende determinadas situações que serão objeto de estudo, para então elaborar estratégias que permitam atender às necessidades daqueles sujeitos que constituem o grupo de estudantes com quem trabalha.

De acordo com Pozo e Gómez Crespo (2009), embora, muitas vezes, as respostas dos estudantes sejam tratadas como exemplos divertidos ou chocantes, é necessário considerá-las com muita seriedade se queremos melhorar a educação científica, na medida em que não se tratam de respostas anedóticas e causais dadas por estudantes distraídos ou descuidados, mas da forma como habitualmente os estudantes entendem os fenômenos científicos.

Segundo Furió (1996), os aspectos mais gerais das concepções alternativas- termo utilizado pelo autor para denominar as teorias implícitas dos estudantes- são: os estudantes chegam para as aulas de ciências com uma série muito variada de concepções sobre os objetos e eventos naturais, sendo que muitas dessas concepções têm certa coerência interna; essas preconcepções são comuns a estudantes de diferentes meios, idades, gêneros e culturas; as concepções alternativas são

persistentes e não se modificam facilmente com estratégias de ensino convencionais; estas concepções frequentemente apresentam isomorfismos com concepções vigentes ao longo da história do pensamento científico e filosófico; o conhecimento anterior dos estudantes interage com o que se ensina nas aulas e é esperado consequências imprevistas na aprendizagem; a origem destas concepções são devidas a experiências pessoais muito variadas que incluem a percepção, a cultura, a linguagem, os métodos de ensino, as explicações dos professores e os materiais educativos; e as estratégias didáticas que facilitam a mudança conceitual podem ser ferramentas eficazes para as aulas.

Assim, considerar esses aspectos pode ser uma alternativa para pensar estratégias de ensino e aprendizagem para as aulas que serão desenvolvidas com cada grupo específico de estudantes. Todavia, torna-se essencial conhecer quais as concepções dos estudantes, como forma de iniciar esse processo de construção de novos conhecimentos, tanto para o professor, que elaborará atividades em função dos resultados obtidos nos diagnósticos, quanto para os estudantes que terão oportunidades de na ação e reflexão, aprender.

Este trabalho apresenta os resultados da análise de explicações de estudantes durante a resolução de um problema sobre a queima do metano. Segundo Pozo e Pérez Echeverría (1998, p.16)

“uma situação somente pode ser concebida como um problema na medida em que exista um reconhecimento dela como tal, e na medida em que não disponhamos de procedimentos automáticos que nos permitam solucioná-la de forma mais ou menos imediata, sem exigir, de alguma forma, um processo de reflexão ou uma tomada de decisões sobre a sequência de passos a serem seguidos.”

Assim, trata-se de uma estratégia utilizada para diagnosticar como os estudantes entendem um processo de combustão, se o caracterizam como uma reação química e quais os critérios utilizados para fundamentar suas respostas, se avaliam a conservação da matéria durante a combustão e, qual o nível de representação utilizado, por meio de um desenho, para interpretar a reação química estudada.

2.3.1 Caminhos para conhecer as concepções dos estudantes

A mesma atividade de resolução de problema em lápis e papel foi realizada com os dezessete voluntários do projeto. Para a atividade os estudantes receberam um breve texto com informações a respeito da produção de metano em diferentes contextos e dados sobre a sua combustão. Em seguida, cada estudante respondeu às perguntas, que tinham por objetivo o diagnóstico das compreensões deles a respeito do processo relatado no problema.

Considerando os estudos de Pozo e Pérez Echeverría (1998) a respeito das resoluções de problemas qualitativos abertos, em que os alunos precisam explicar ou prever um fato através de raciocínios teóricos, baseados nos seus conhecimentos, e

ainda, as características dos estudantes que participavam do projeto de pesquisa, o seguinte problema foi elaborado e apresentado aos estudantes:

Aterros sanitários e locais de armazenamento de adubo orgânico são lugares onde ocorre a produção de metano (CH_4), isso por que bactérias anaeróbias convertem o carbono em metano. A produção de metano também ocorre no rúmen do trato gastrointestinal dos animais ruminantes, como resultado da ação das bactérias que rompem a celulose. O metano liberado é um recurso energético desperdiçado, bem como um significativo fator que contribui com o aquecimento global. Cada molécula de metano possui 23 vezes o potencial de aquecimento global de uma molécula de dióxido de carbono (CO_2). Assim, buscando diminuir a emissão de metano na atmosfera, o gás poderia ser coletado onde ele é gerado e utilizado na produção de energia. Sabe-se que na queima do metano, para a cocção de alimentos ou como combustível para máquinas agrícolas, por exemplo, cada 1g de gás produz 3,03g de dióxido de carbono. Dessa forma, a vantagem de sua utilização como combustível não é a inexistência de CO_2 como um de seus produtos, mas a diminuição da emissão de metano na atmosfera, pois se utilizarmos outro combustível também estaremos liberando dióxido de carbono, e continuaremos emitindo grandes quantidades de CH_4 .

Com base no parágrafo acima e nos seus conhecimentos responda às seguintes questões:

- 1) Você considera a queima do metano uma transformação química? Por quê?
- 2) Como é possível que a queima do metano (constituído apenas por carbono e hidrogênio) produza dióxido de carbono (constituído por carbono e oxigênio)?
- 3) Você tem uma hipótese para o que acontece com os átomos de hidrogênio que estavam presentes no metano antes da queima e não estão representados na fórmula do dióxido de carbono?
- 4) Como você explica o fato de 1g de metano produzir 3,03g de dióxido de carbono? Qual é a origem dos 2,03g a mais desse produto?
- 5) Como você representaria a queima do metano utilizando um desenho?

A metodologia utilizada para análise dos resultados obtidos com a resolução de problema foi a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2009). O corpus da análise é composto pelas respostas elaboradas de forma escrita pelos estudantes para cada uma das quatro primeiras questões, que foram digitadas e isoladas (inventário) para posteriormente serem classificadas, de forma analógica e progressiva, em categorias segundo os objetivos propostos para cada pergunta (quadro 3).

Quadro 3 – Objetivos das questões que constituem a situação problema e categorias encontradas.

Questões	Objetivos	Categorias
1	Diagnosticar quais os critérios utilizados pelos estudantes para caracterizar uma situação como uma reação química.	Nova substância formada
		Processo Irreversível
2 e 3	Conhecer como os estudantes analisam uma situação em que há conservação da matéria e em que não há conservação da substância.	Conservação da matéria
		Transmutação da matéria
		Desaparecimento da matéria
		Elementos são descartados
		É por que é
	Diagnosticar como os estudantes explicam uma situação em que há conservação da massa.	Conservação da matéria
		Densidade, volume e massa
		Adição das substâncias envolvidas
		Substituição de hidrogênios por

4	oxigênios
	Transmutação da matéria

Fonte: Própria autora.

A questão cinco foi proposta para conhecer como os estudantes representam a reação química em análise, e se apresentam coerência em relação às explicações elaboradas para o que foi problematizado. Desse modo, os desenhos foram analisados um a um, e, em seguida, organizados em grupos que permitissem ampliar a compreensão a respeito das explicações elaboradas pelos estudantes, correspondentes a cada categoria.

Para análise sobre qual(is) o(s) nível(is) de representação empregado(s) na elaboração dos desenhos, considerou-se o modelo de Jonhstone (1982; 2000), segundo o qual a natureza da química compreende três formas, pensadas como vértices de um triângulo, nenhuma superior a outra, mas complementares. Essas três formas de conhecimento são: o macro e tangível: que pode ser visto, tocado ou cheirado, pelo qual nós podemos descrever as propriedades dos materiais em termos de densidade, inflamabilidade, cor e assim por diante; o submicro: átomos, moléculas, íons e estruturas, ou seja, um nível em que tentamos explicar por que as substâncias químicas comportam-se do jeito que se comportam; e o representacional: em que nós tentamos representar as substâncias por símbolos, fórmulas, equações, molaridade, manipulação matemática e gráficos.

2.3.2 Análise dos resultados

A seguir são apresentados os resultados da categorização organizados em três grandes grupos:

1. A combustão como uma transformação química (pergunta 1);
2. Dos reagentes aos produtos (perguntas 2 e 3);
3. Conservação da massa (pergunta 4).

2.3.2.1 A combustão como uma transformação química

Os dezessete estudantes identificaram a combustão como uma reação química, respondendo “sim” para a pergunta, porém suas explicações resultaram em duas categorias, conforme características exemplificadas abaixo:

Nova substância formada

Quinze estudantes classificaram a combustão como uma reação química por haver a formação de nova(s) substância(s), de modo que o critério utilizado por eles é a produção de uma substância diferente (CO_2) da utilizada na queima (CH_4), conforme informações oportunizadas pelo texto. A seguir algumas respostas que exemplificam essa categoria:

Lauro – química, pois altera a estrutura da substância.

Talita – sim, pois de algum jeito, ocorre produção de outra substância, o CO_2 , que em sua composição difere do CH_4 .

Pablo- sim, pois há uma mudança em sua composição, formando substâncias diferentes.

Iara – sim, porque na queima do metano se originou um outro produto, o dióxido de carbono, e em tão mudou sua fórmula química.

Processo Irreversível

Dois estudantes utilizaram como critério a reversibilidade das reações químicas para fundamentar suas explicações:

Camile – sim, pois depois de queimado ele se transforma em dióxido de carbono e não pode mais ser revertido esse processo, voltar a ser metano.

Dalton – sim, pois gera uma substância que antes não existia e também não há como reverter a queima do gás.

Percebe-se que, assim como foi evidenciado anteriormente nas entrevistas com contação de histórias, esses estudantes aprenderam equivocadamente que, uma forma de caracterizar uma reação química é a indicação de processos que não podem ser revertidos.

2.3.2.2 Dos reagentes aos produtos

Nesse grupo estão as respostas das perguntas número dois e número três. Essas indagações exigiram dos estudantes uma análise que considerasse os átomos presentes nas moléculas envolvidas na combustão. As fórmulas moleculares das substâncias foram apresentadas durante o problema, o que permitiu que eles formulassem explicações utilizando o nível representacional de Jonhstone (1982; 2000), todavia, procurava-se saber, se eles considerariam o gás oxigênio como reagente da combustão, e se examinariam o processo de forma a conservar a matéria, mantendo os mesmos elementos presentes nos reagentes e nos produtos, todavia sem conservação da substância. Dessa forma, as duas perguntas têm o mesmo objetivo, com abordagens diferentes, situação que permite que uma mesma categoria tenha respostas compreendendo as duas perguntas. Foram evidenciadas 5 categorias que serão apresentadas a seguir.

Conservação da matéria: mesmos elementos nos reagentes e nos produtos

Ao responder a questão dois, oito estudantes consideraram o oxigênio do ar como reagente na reação de combustão, e uma estudante considera que o metano estará em contato com os gases do ar, justificando assim a presença do oxigênio tanto nos reagentes quanto nos produtos:

Rodolfo - É possível pois com a queima do metano as moléculas se dividem e essas moléculas se agrupam ao oxigênio do ar, e assim forma uma nova substância.

Lauro – queima envolve oxigênio, um combustível e o que vai ser queimado. Na queima, os átomos de hidrogênio reagem com o ar e formam a fumaça, alterando a estrutura da substância, onde hidrogênio é substituído pelo oxigênio do ar.

Bruno - por que durante a queima do metano, os átomos de carbono se soltam dos hidrogênios e se juntam com o oxigênio do ar.

Diana – eu acho que é por causa do ambiente que ele está inserido. Pois o oxigênio está no ar, por isso depende de onde o elemento está.

Cássio - no momento da queima são quebradas as ligações entre C e H e estes se ligam ao oxigênio do ar formando CO_2 e H_2O

Pablo – na queima do CH_4 as estruturas da molécula são rompidas, fazendo com que essa ligação entre o carbono e o hidrogênio se desfaça. Logo, o carbono em contato com o ar liga-se com o oxigênio, assim, CO_2 .

Dalton – talvez a reação com o oxigênio da atmosfera, o metano e alta temperatura resulte em CO_2 . Provavelmente a temperatura quebre as ligações entre os átomos e estes se liguem a outros (oxigênio da atmosfera com carbono).

Bárbara – por que quando ocorre a queima, o metano (constituído por C e H) entra em contato com o oxigênio, sofrendo uma reação química e produzindo o dióxido de carbono.

Magali – provavelmente o CH_4 ao entrar em contato com a atmosfera (que possui outros gases) será alterada a sua composição para CO_2 através de algumas reações químicas.

Percebe-se nessas explicações dos estudantes um modelo para elucidar a conservação da matéria durante a reação, de modo que conceitos estudados nas aulas de ciências e/ou química são utilizados para justificar a interação entre os átomos e a reorganização destes na constituição de novas substâncias. O estudante Dalton atribui à temperatura alta o rompimento das ligações químicas, mostrando confusões quanto à diferenciação dos conceitos energia e temperatura.

Analisando os desenhos representados na figura 3, percebe-se que os estudantes Pablo, Bruno e Lauro, conseguem empregar representações condizentes com suas explicações na medida em que utilizam os símbolos dos elementos químicos para representar moléculas, ligações entre os átomos, rompimento de ligações e formação de novas ligações, demonstrando a reação como um processo, onde há reagentes e produtos. Pablo mistura aspectos do macroscópico (chaminé e fumaça) e do representacional (símbolos dos elementos), já Bruno utiliza o macro (desenho do fogo), o representacional (processo na forma de equação química) e o submicro, na medida em que desenha o processo, com rompimento e formação de ligações entre os átomos envolvidos. Lauro representa a substituição dos hidrogênios pelos oxigênios, com rompimento e formação de ligações (nível submicroscópico).

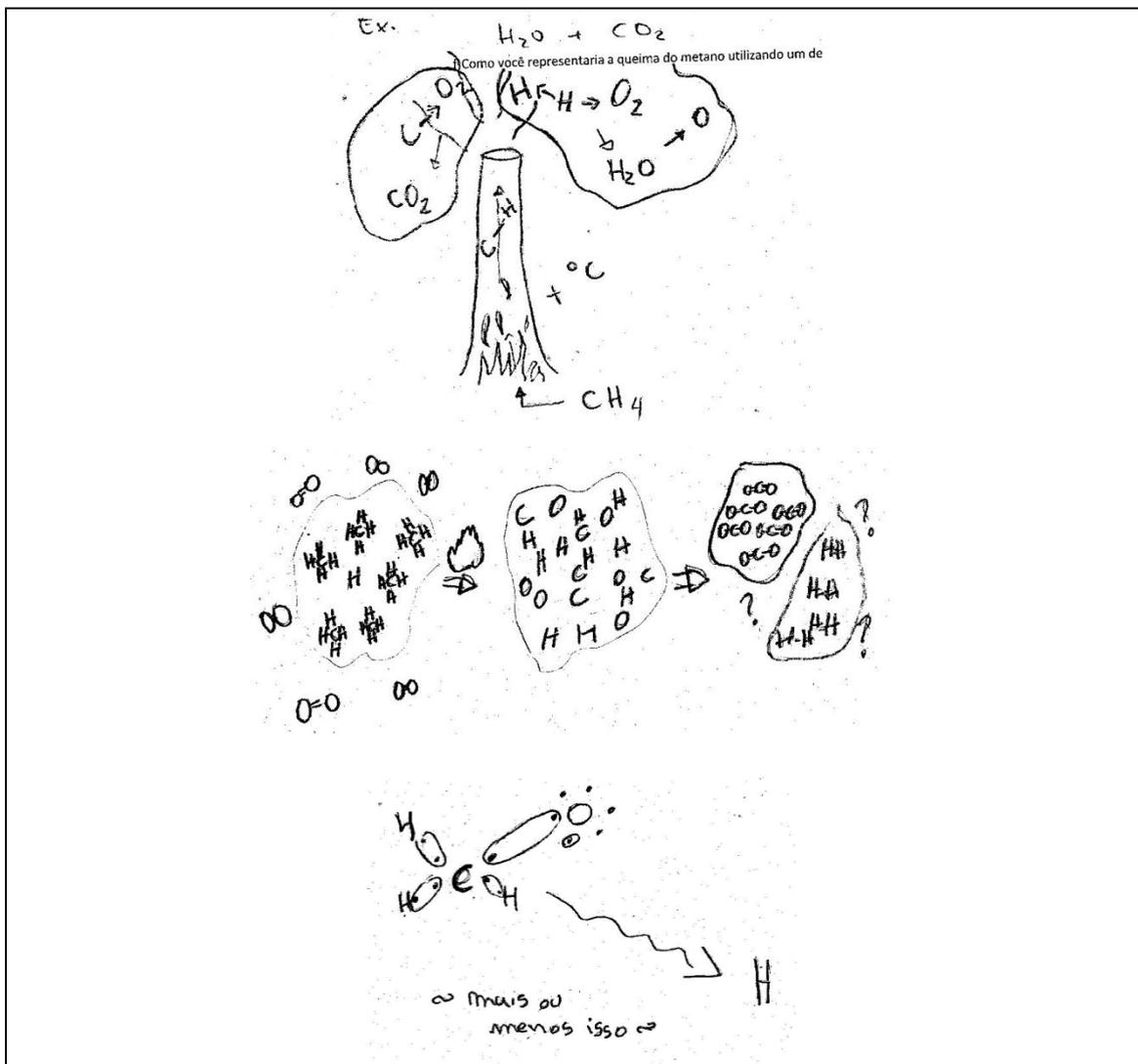


Figura 3 – Desenhos de Pablo, Bruno e Lauro representando a queima do metano, com a representação do oxigênio na transformação.

Ao responder a questão três, seis estudantes propõem que os átomos de hidrogênio tenham reagido com outros elementos e se transformado em uma nova substância, cinco deles estão presentes nesse mesmo grupo ao responder a questão dois. Há no caso do estudante Lauro, a confusão entre o termo misturar e reagir, como já foi evidenciado anteriormente nas explicações elaboradas pelos estudantes quando estes analisavam os fatos que constituíam as histórias.

Lauro - se misturam, ou se juntam aos átomos de oxigênio presentes no ar e formam algum tipo de substância na forma gasosa.

Cássio - se ligam com o oxigênio do ar e formam vapor de água.

Iara - sim, que como a ligação foi rompida então o carbono se ligou com o oxigênio e deixou de pertencer à molécula de hidrogênio, e a partir daí o hidrogênio ter feito novas ligações.

Pablo – os átomos de hidrogênio, depois da desestruturação da molécula, liberam-se e entram em contato com o ar, ligando-se com o O_2 , formando moléculas de água.

Dalton – após a reação, talvez se misturem novamente com a atmosfera criando ligações com as formas de gás da atmosfera (oxigênio).

Bruno – pode ser possível que os átomos de hidrogênio formem H_2 durante a queima.

O desenho de Cássio (figura 4) demonstra coerência com suas explicações anteriores. Esse estudante explica a combustão como uma reação química onde há rompimento das ligações entre os átomos que constituem os reagentes e formação de novas ligações entre esses mesmos átomos para formar os produtos (aspectos do submicro). Ele utiliza os símbolos químicos e a estrutura de uma equação química, e amplia a explicação anterior com a informação referente a liberação de energia durante o processo de combustão (aspectos do representacional).

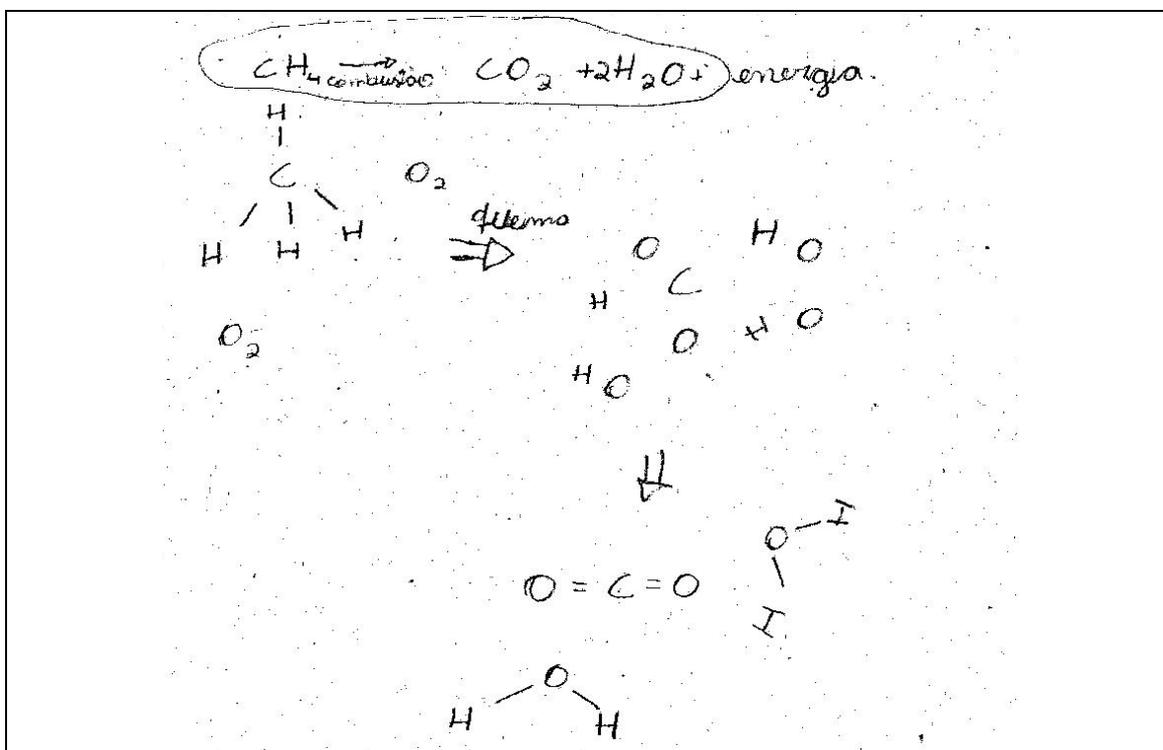


Figura 4 – Desenho do estudante Cássio para a queima do metano

Transmutação da matéria: um elemento se transforma em outro

Quatro estudantes apresentam como resposta para a pergunta dois, a hipótese de ter ocorrido uma “transmutação” onde por aquecimento ou pela ação do fogo, considerado um reagente pela estudante Camile, um elemento pudesse se transformar em outro. Esse tipo de ideia é caracterizada por Andersson (1986) como explicações que representam uma série de transformações “proibidas” na química.

Edith – pois o aquecimento faz com que sua composição mude.

Talita – um elemento deve reagir com o outro no momento da queima, tendo como produto o oxigênio que não se tinha.

Camile – pois para queimá-lo se utiliza fogo que é outra substância e que modifica o metano.

Fabrício – pois após a queima de CH_4 , o hidrogênio se transforma em oxigênio, e há também, uma diminuição no número de átomos. $\text{CH}_4 = \text{CO}_2$.

A compreensão de que uma dada substância, no caso o metano, pode ser transmutado em uma substância completamente nova, é retomada por Talita, Camile e Fabrício no desenho (figura 5). Observa-se que Fabrício utiliza aspectos da forma representacional, ou seja, uma reação química por meio de uma equação, com reagente e produto, empregando os símbolos dos elementos para representar as moléculas, tendo a queima como o momento da transmutação de um elemento em outro. Cabe ressaltar que Talita utiliza perspectivas do macroscópico (recipiente e fogo), do submicro (moléculas ou átomos como pequenas esferas) e do representacional (símbolos) ao mesmo tempo, e mostra que para ela a combustão é um aquecimento que, segundo sua descrição, promove o choque entre as moléculas de metano produzindo CO_2 . Camile, assim como na formulação da resposta, mostra no desenho o fogo é uma substância reagente (macroscópico) que modifica as moléculas de metano em gás carbônico (apresentados no formato de gotas e com as fórmulas químicas).

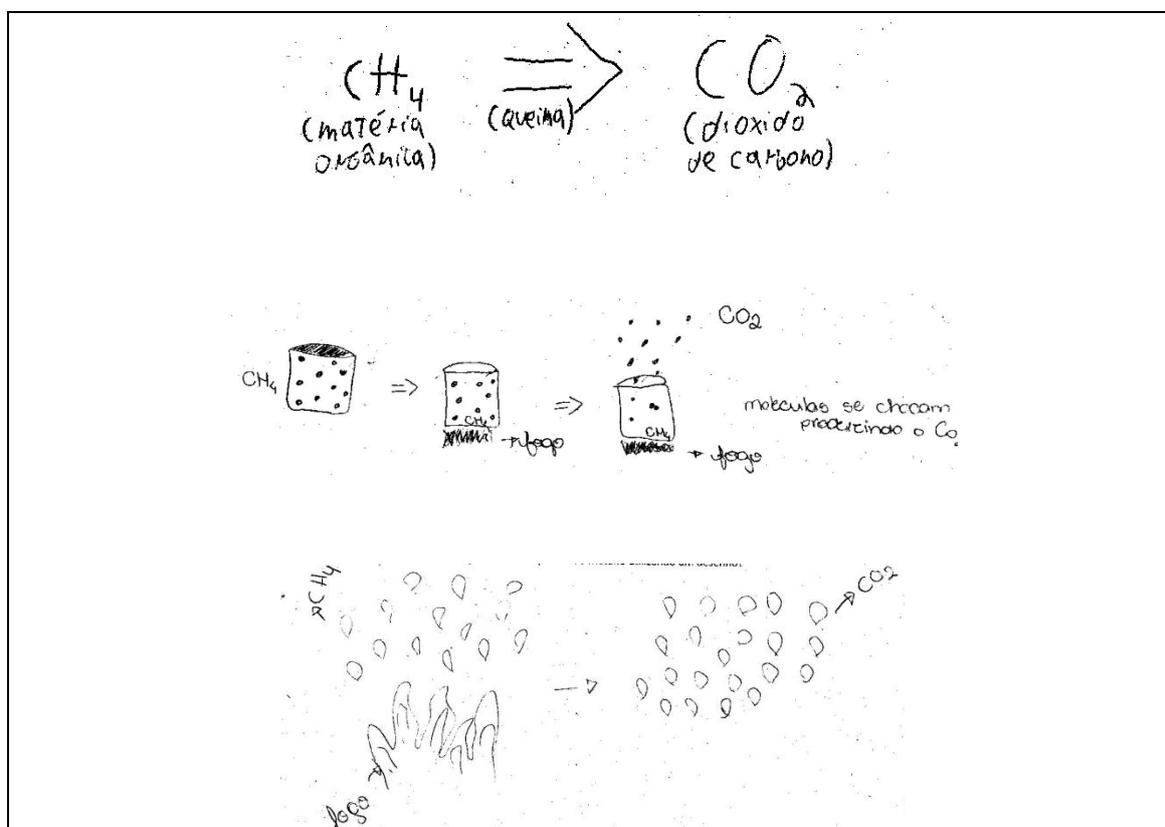


Figura 5 – Desenhos de Fabrício, Talita e Camile representando a queima do metano

Para responder à questão três, novamente cinco estudantes utilizaram a hipótese de transmutação, sendo que, Camile e Fabrício reforçam a ideia apresentada anteriormente na resposta para a pergunta 2.

Camile – elas (moléculas de hidrogênio) são queimadas, assim se transformam em oxigênio.

Julian – não tenho muita certeza, porém acredito que o hidrogênio dá origem ao oxigênio, onde cada átomo de hidrogênio resultar em outro átomo de oxigênio.

Fabrício – eu tenho, talvez, não tenho certeza se minha resposta tem sentido: talvez com a queima do CH_4 , o hidrogênio entra em contato com a fonte de energia (calor) ele se “conserva” (há uma transformação) e ele vire oxigênio.

George – foram queimados na combustão, gerando uma nova substância.

Diana – eu acho que o hidrogênio em contato com uma certa substância se transformou em uma outra coisa, que não é hidrogênio.

Desaparecimento da matéria: hidrogênios desaparecem durante a reação

Para a terceira pergunta, dois estudantes indicam, de formas diferentes, o desaparecimento dos átomos de hidrogênio.

Rodolfo – como o hidrogênio é queimado ele some, então o oxigênio entra na molécula.

Olga – os átomos de hidrogênio evaporam.

A estudante Olga, ao utilizar “evaporam” está, ou desconsiderando que o metano já estava no estado gasoso, ou para ela evaporar é sinônimo de desaparecer, hipótese que parece mais provável. Ideias semelhantes já foram encontradas nas pesquisas Andersson (1986, 1990), e caracterizadas por ele como desaparecimento, ou seja, a concepção de que durante a transformação química ocorre o mero desaparecimento de alguma(s) substância(s).

Na figura 6, Rodolfo desenha as moléculas de metano, com o compartilhamento de elétrons entre os átomos, da mesma forma quando representa o gás carbônico, usa a estrutura de Lewis para mostrar os elétrons compartilhados em cada ligação (representacional). E mesmo tendo considerado a presença do O_2 do ar na reação, na resposta anterior, seu desenho retrata o “desaparecimento” dos átomos de hidrogênio e o “surgimento” dos átomos de oxigênio por meio de um processo que tem como meio o fogo (aspectos do macroscópico).

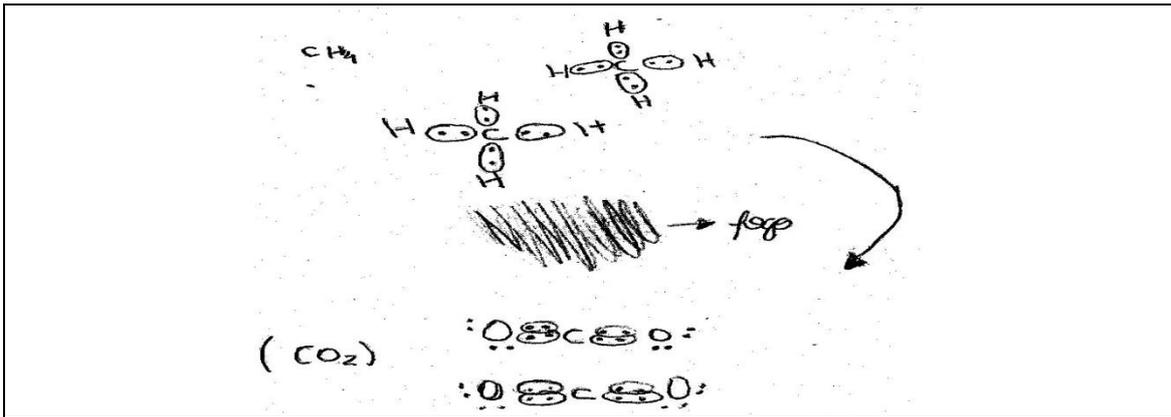


Figura 6 – Desenho de Rodolfo para a queima do metano.

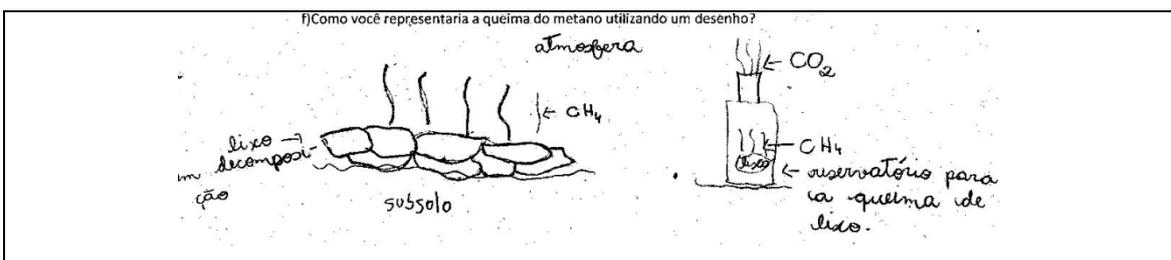
Elementos são descartados: os hidrogênios são liberados durante a reação

Três estudantes, ao responder às perguntas dois e três, expressam que os hidrogênios ficariam livres, ou, seriam descartados, pois eram reagentes, isso não significa que teriam de estar presentes nos produtos. Dessa forma, indicam um entendimento confuso em relação ao processo analisado, sugerindo a não conservação da matéria nas reações químicas.

Iara – é que na queima do metano o hidrogênio foi liberado $CH_4 = CO_2$ Barbara – no momento da queima o hidrogênio se espalha no ar.

Magali – com o compartilhamento de elétrons entre os átomos de C ($z=4$) e os átomos de O ($z=6$), o H ($z=1$) não deve ter compartilhado nenhum elétron ficando “solto” nessa reação.

A figura 7, que apresenta os desenhos de Magali e Talita, auxilia a compreensão de como essas estudantes entendem o processo de combustão. Magali utiliza as fórmulas moleculares do metano e do gás carbônico (representacional), como forma de localizá-los “antes” e “depois” do processo descrito no problema, assim, evidencia-se que a estudante não consegue formular uma explicação para o “como” a reação química ocorre, e utiliza aspectos macroscópicos que “expõem” o retrato do que foi descrito no problema. Bárbara, diferentemente da explicação que formulou para a resposta da pergunta dois, desconsidera o oxigênio no seu desenho, e representa, utilizando o modelo de equação química (representacional), um processo em que o metano produz gás carbônico.



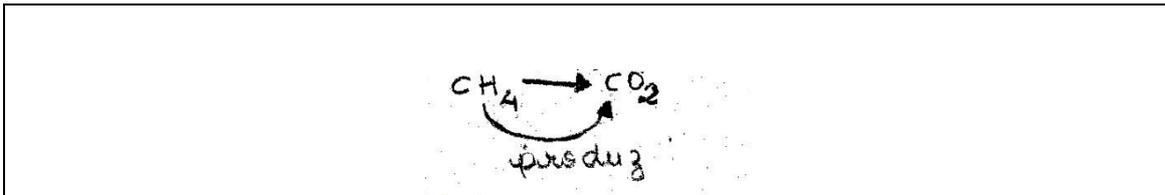


Figura 7 – Desenhos de Magali e Bárbara para representar a queima do metano.

É por que é: os relatos já são suficientes para explicar os fatos

O fato de o processo ter sido caracterizado como transformação química, ou seja, saber que a composição do produto é diferente da do reagente é informação suficiente para explicação da pergunta dois. Andersson (1986, p.551) chama de “It is just like that”, ou seja, é assim, simplesmente não é possível entender e explicar tudo. Essas são explicações fundamentadas pelo realismo ingênuo (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009), ou seja, as coisas são de certa forma porque são assim e ponto.

Julian – creio que isto é possível pois há uma transformação química neste composto ao ser queimado.

George – pois ocorre uma transformação química após a combustão.

Uma estudante utilizou como explicação o fato de o CO_2 ser menos poluente, demonstrando que ou ela não entendeu a pergunta, ou, para ela o propósito da reação se justifica por si só:

Olga – é possível pois o metano liberado é um recurso energético desperdiçado, o que contribui para o aquecimento global e possui 23 vezes o potencial do CO_2 .

A estudante Talita também simplificou bastante sua resposta para a questão três, ao formular sua hipótese para o que acontece com os átomos de hidrogênio durante a combustão:

Talita – eles eram reagentes na hora da queima do metano.

Uma estudante escreveu não ter hipótese para responder a pergunta dois, o que pode demonstrar insegurança em expressar suas ideias ou somente a falta de motivação em elaborar alguma explicação, assim como para o desenho, que ela optou por não fazer.

Edith – não

2.3.2.3 Conservação da massa

Para a questão número quatro, buscou-se uma situação em que o estudante pudesse expressar suas teorias implícitas quanto à conservação da matéria a partir de uma análise quantitativa, em massa, para evidenciar se as ideias apresentadas nas perguntas anteriores continuam sustentando as explicações quando estas estão

vinculadas a uma expressão de quantidade. As respostas resultaram em 5 categorias, conforme apresentado a seguir.

Conservação da matéria

O estudante Dalton explica o processo que envolve a transformação química, conservando os elementos presentes nos reagentes e produtos, mas diferentemente do estudante Cássio, não formula explicações para a conservação da massa.

Dalton – a própria atmosfera onde o oxigênio é abundante como o hidrogênio se separa do gás resultante apenas o oxigênio se liga ao carbono, cada molécula de CH_4 que queima, gera 4 H e o C se une a 2 Oxigênios.

Densidade, volume e massa

Três estudantes utilizam uma explicação que expressam confusões entre os conceitos de massa, volume e densidade:

Rodolfo - penso que a maioria da molécula do dióxido de carbono, seria composta por oxigênio, e também que seria uma molécula maior, por causa disso, mais densa.

Pablo – queima CH_4 – 1g em contato com o ar - C H O₂ --- H₂O + CO₂ compostos químicos com densidades maiores, assim a cada C liberado, o resultado terá maior quantidade.

Edith – o volume de carbono é maior.

Adição das substâncias envolvidas

A estudante Bárbara explica que o metano, ao se juntar com o oxigênio do ar aumentará de massa, o que remete a uma ideia de que todas as substâncias presentes nos reagentes resultarão em gás carbônico. A resposta dessa estudante desconsidera o hidrogênio entre os produtos e indica que uma substância irá “sofrer uma reação química”, ou seja, para ela a reação química não compreende a interação entre substâncias (reagentes), mas a ação de uma substância específica, ou seja, um “agente ativo” que atua sobre um “agente passivo” (MORTIMER e MIRANDA, 1995). Uma leitura das respostas anteriores de Bárbara possibilita o diagnóstico das mesmas ideias (resposta para a questão 2) e a explicação para os hidrogênios como sendo liberados no ar (resposta para a questão 3).

Bárbara – o metano quando queima irá sofrer uma reação química e se juntar ao oxigênio do ar, juntando-se o metano produz 3,03 g de dióxido de carbono.

Substituição de Hidrogênios por Oxigênios

Cinco estudantes focam apenas na fórmula do metano e do gás carbônico para comparar as massas, desconsiderando os demais envolvidos na reação. A justificativa da maior massa do gás carbônico é a presença do oxigênio, um átomo com massa maior que a do hidrogênio. Percebe-se uma análise restrita e que não considera a conservação da massa e/ou matéria durante a reação química.

Fabrizio – por que o metano tem um número x de massa (1g) e o dióxido de carbono tem uma massa y que é superior a x. E o único elemento diferente é o oxigênio, então pressuponho que é por causa da diferença entre as massa de H e O.

Bruno - a origem talvez seja do gás oxigênio que tem uma massa maior do que a do hidrogênio.

Talita –deve ser por que o dióxido de carbono tem mais massa, os 2,03g a mais , são decorrentes do oxigênio que não tinha antes.

Cássio - estes 2,03 g provém do oxigênio do ar que se liga aos átomos de carbono, e como a massa de oxigênio é muito maior que a massa de hidrogênio ocorre um grande aumento de massa da nova molécula.

Lauro – átomos de oxigênio tem mais massa que átomos de hidrogênio, que na queima são liberados.

Transmutação da matéria: um elemento se transforma em outro

Novamente alguns estudantes expressam compreensões baseadas na transmutação da matéria, conforme já foi verificado anteriormente. Para Mortimer e Miranda (1995), é comum que o estudante recorra a uma espécie de transmutação para explicar a transformações químicas, utilizando ideias como a de que um tipo de substância pode ser transmutado em outra, ou ainda, de que a matéria pode ser transmutada em energia.

Diana – eu acho que é porque com o contato com o fogo ou alguma coisa assim, o hidrogênio se transforma e forma uma outra substância que resulta na 2,03 g a mais de CO₂.

Camile – durante a queima é acrescentado o fogo, que pode originar 2,03g.

Julian – cada átomo de hidrogênio, em meu pensamento, resulta em outro de oxigênio, sendo assim, o metano possui 4 átomos de hidrogênio e o CO₂ apenas 2 oxigênios. Possibilitando assim esta maior quantidade de dióxido de carbono ao se queimar o metano.

George – a origem vem do hidrogênio que depois de queimado libera dióxido de carbono, pois durante a queima é liberado uma quantidade maior de energia que acaba gerando uma maior massa após a combustão.

Olga – o metano em 1 g produz 3,03 g de CO₂, produz menos .

Magali – como uma reação deve ter ocorrido um “aumento” na massa dessa substância o produto final, conseqüentemente, também teve um aumento.

O desenho do estudante Julian, apresentado na figura 8, caracteriza-se pelo retrato do modelo por ele utilizado nas suas respostas. Para ele, a reação química corresponde a uma transmutação, onde o hidrogênio se transforma em oxigênio, e essa ideia fundamenta todas as suas explicações, inclusive para justificar variações na massa, como nesse último caso. Da mesma forma, George, concebe a transmutação do hidrogênio em dióxido de carbono, que segundo ele é liberado. Já o estudante Dalton utiliza um desenho onde o hidrogênio também faz parte dos produtos, e, embora não represente em seu desenho o oxigênio como reagente, sua explicação considera a sua presença na atmosfera para formação do gás carbônico. Esse estudante não consegue elaborar argumentos para a conservação da matéria de forma quantitativa, mas não fundamenta suas explicações na transmutação, embora uma análise isolada do desenho possa evidenciar isso. Os três desenhos apresentam uma mistura de formas do macro com o representacional.

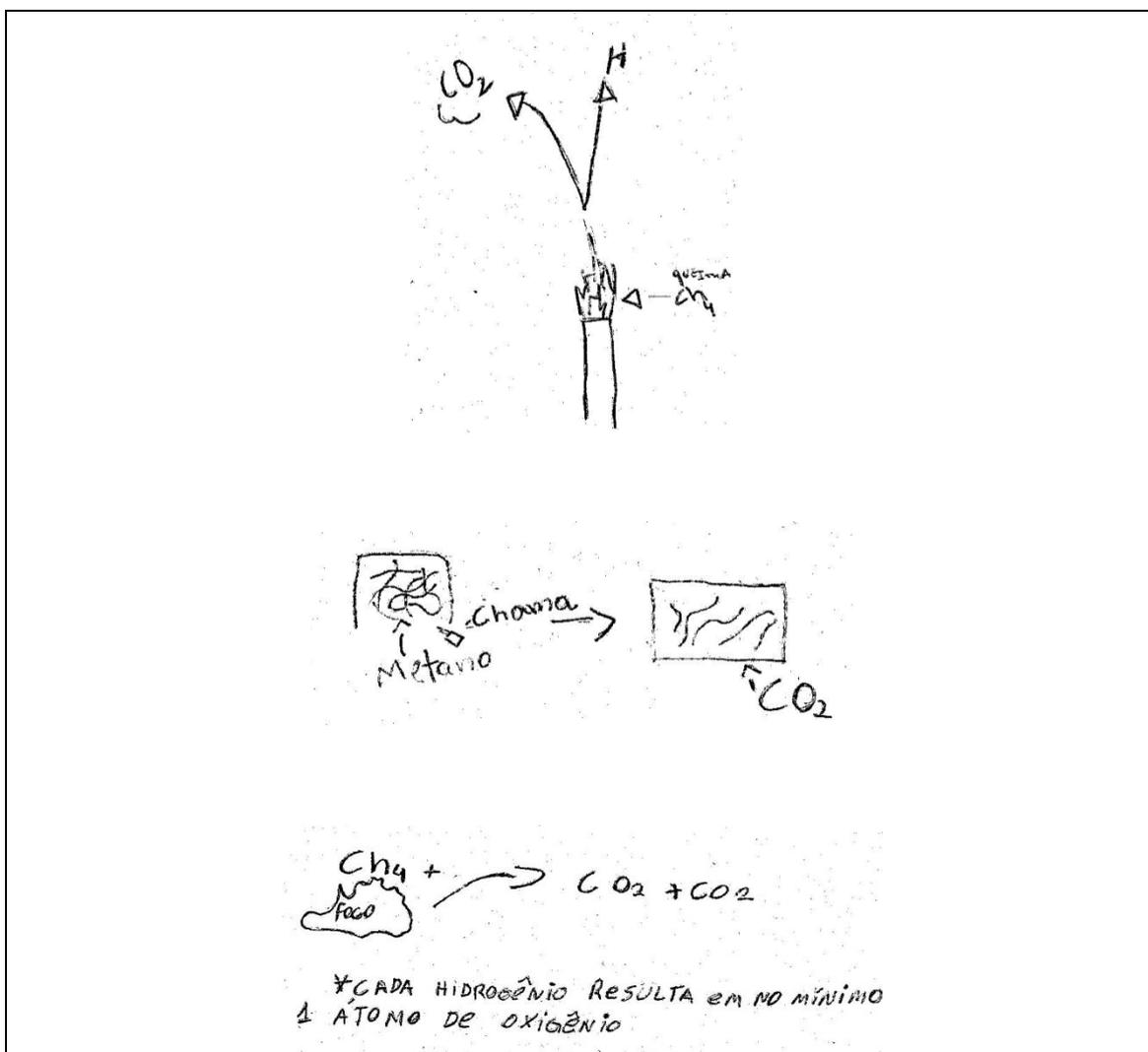


Figura 8 – Desenhos de Dalton, George e Julian, respectivamente, para representar a queima do metano.

Uma estudante não respondeu:

lara – não respondeu

Os desenhos das estudantes lara e Olga (figura 7) mostram, que assim como nas respostas elaboradas para as perguntas anteriores, as estudantes utilizam uma abordagem pautada exclusivamente em aspectos de nível macroscópico. As análises da combustão limitam-se ao perceptível, sem qualquer contribuição de outras formas relacionadas a conceitos das ciências que possam ter sido estudados anteriormente. Essas estudantes não conseguem elaborar modelos abstratos para a transformação química problematizada. Com características parecidas, mas com maiores detalhamentos, o desenho de Diana (figura 9) mistura formas geométricas (triângulos, quadrados, círculos) entre o lixo, as nuvens (céu), a chama (fogo) e a fumaça para caracterizar diferentes substâncias como hidrogênio, metano e CO_2 (única utilizando a linguagem química – representacional).

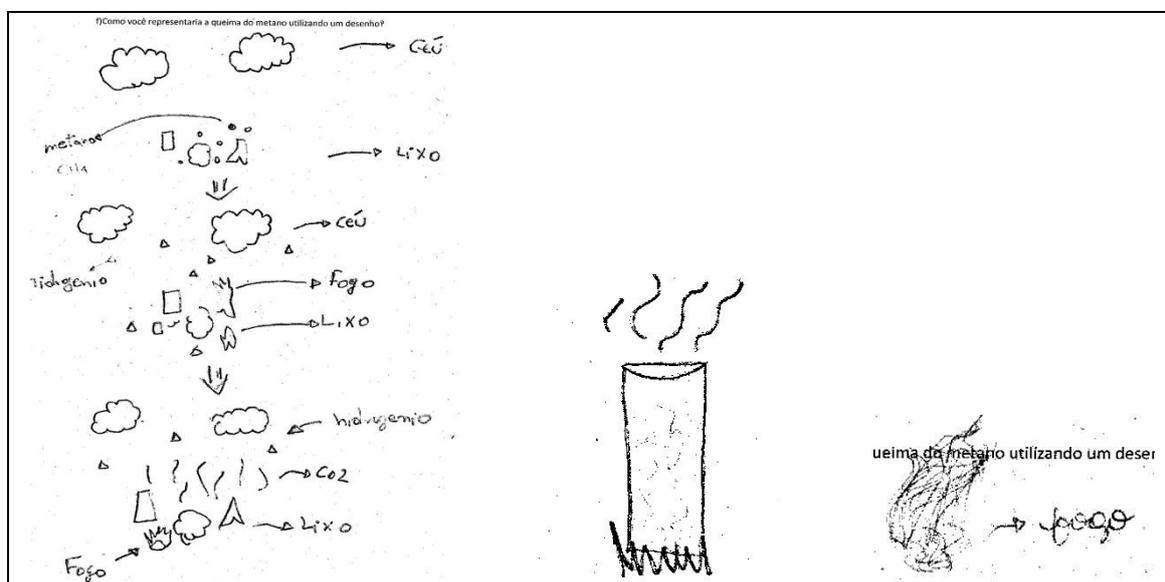


Figura 9 – Desenhos das estudantes Diana, lara e Olga representando a queima do metano.

2.3.3 Considerações Finais: O que as explicações dos estudantes sobre os fatos presentes na resolução de problema nos indicam

Considerando-se os resultados apresentados, percebeu-se uma diversidade de características nos modelos mobilizados pelos estudantes para explicar o que foi problematizado. No que diz respeito à utilização das informações oferecidas pelo parágrafo inicial, constatou-se que a presença das fórmulas moleculares do metano e do gás carbônico (nível simbólico) permitiu aos estudantes caracterizar, com maior segurança, o processo de combustão como uma reação química, pois eles conseguiam identificar que após a queima havia a formação de uma substância, diferente da inicial, assim, esse critério, provavelmente estudado anteriormente, foi facilmente aplicado. No entanto, as explicações formuladas para justificar as respostas elaboradas pelo problema mostraram que, para esses estudantes, identificar a formação de novas

substâncias nos produtos não garante a compreensão do processo que envolve uma reação química, isso porque a maioria dos estudantes desconsiderou a interação entre as partículas que constituíam os reagentes para formação de produtos, assim como a conservação da matéria na elaboração de suas explicações.

Assim, na análise das respostas que constituem as categorias evidenciadas pelas explicações dos dezessete estudantes participantes do estudo de caso, percebe-se que, embora todos tenham caracterizado a combustão como uma reação química, há oito estudantes que acreditam na possibilidade de, durante a reação química de combustão, um elemento químico se transformar em outro elemento diferente, ou seja, para eles a conservação da matéria não é considerada para avaliar o processo. Há todavia, cinco estudantes que ponderam, em todas as suas respostas, a conservação da matéria durante o processo, mostrando, inclusive nas representações por meio dos desenhos, que os átomos não desaparecem, surgem ou se transformam ao participarem da reação química. E há também, quatro estudantes que não se enquadram em nenhum desses casos anteriormente citados, são eles, Rodolfo, Bárbara, Magali e Lara, que não apresentam coerência entre as respostas elaboradas para as quatro perguntas, mostrando uma mistura de ideias, com erros conceituais importantes quando da utilização da linguagem científica, revelando a compreensão inadequada de conceitos, provavelmente estudados durante as aulas de ciências e/ou química, e que podem ser caracterizados como obstáculos à aprendizagem de conceitos cientificamente aceitos.

Por sua vez, no caso das respostas para a quarta pergunta, relativa à conservação da massa, nenhum dos dezessete estudantes conseguiu elaborar uma explicação que relacionasse a conservação da matéria e a conservação da massa como características da combustão, fato que pode ter relação com a dificuldade de perceber que as mudanças observadas nas transformações químicas são consequência de rearranjo de átomos, e que leva estudantes a não usarem adequadamente o raciocínio de conservação de massa (MORTIMER E MIRANDA, 1995).

Dentre os obstáculos à aprendizagem presentes nas elucidações dos estudantes, mesmo em grupos e/ou categorias diferentes, ressalta-se: a identificação do fogo como um reagente da combustão, ou como responsável pela transmutação do hidrogênio em oxigênio; a indiferenciação entre moléculas e átomos; misturar e reagir como sinônimos; reagente ativo e passivo; evaporar como sinônimo de desaparecer; entre outras ideias que, ao não serem problematizadas e modificadas, limitarão o entendimento dos conteúdos que serão objeto de estudo ao longo de todo o ensino médio.

A análise dos desenhos, empregada para ampliar o diagnóstico a respeito das concepções dos estudantes sobre o processo de combustão, permitiu perceber que muitos deles não têm consciência a respeito das diferenças entre os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico, utilizando essas diferentes formas de representação em um mesmo nível. Pozo e Gómez Crespo (2009), ressaltam que os

conceitos e as leis que compõem as teorias científicas não estão na realidade, senão que são parte dessas mesmas teorias, e, se isso não está claro para professores e estudantes, leva-os a confundir os modelos com a realidade que eles representam.

Assim, entende-se que os resultados encontrados com a presente pesquisa permitem ressaltar a importância do diagnóstico que leva a conhecer as concepções dos estudantes, para que estas se tornem conteúdo a ser considerado por professores na elaboração das aulas de ciências e de química.

2.4 Conclusões

Mesmo com as mudanças nas propostas curriculares das licenciaturas na área da química das instituições de ensino superior, e com vários anos de pesquisas desenvolvidas na área de educação química, eventos de divulgação científica e com a maior oferta de cursos de formação continuada e/ou de especialização para os professores que estão atuando em sala de aula, constata-se que concepções muito similares às encontradas nas pesquisas das décadas de oitenta e noventa do século XX continuam presentes nas explicações dos estudantes.

Ainda que os estudantes sejam dedicados e apresentem um bom desempenho nas avaliações de química, e que, além disso, gostem de ciências, e mais especificamente de química, na grande maioria dos casos, eles não empregam os conceitos estudados no ensino fundamental e no início do médio para formular explicações para os fenômenos em análise nas histórias contadas, na medida em que, não utilizam modelos abstratos, onde “átomos”, “moléculas”, “partículas”, entre outros conceitos do nível submicroscópico pudessem fazer parte das hipóteses construídas para interpretar os fatos avaliados.

Evidenciou-se um número reduzido de tentativas de alguns estudantes em avaliar as situações por meio de conceitos científicos estudados nas aulas de ciências e/ou química. Da mesma forma, a elaboração de ideias contemplando diferentes níveis de representação foi pouco usada, sendo que a maioria delas ocorreu nas respostas da atividade denominada “Resolução de Problemas em lápis e papel” onde a linguagem a nível representacional estava presente no enunciado, fato que demonstra um direcionamento da resposta do estudante a partir da abordagem dada na estratégia.

Mesmo utilizando estratégias diferentes como a contação de histórias e a resolução de problemas em lápis e papel, onde as transformações químicas analisadas tinham distintas particularidades, diagnosticou-se que a maioria das explicações dos estudantes foram organizadas a partir do que é perceptível a nível macroscópico, ou como uma mistura elaborada pela indiferenciação entre os conhecimentos individuais e os conceitos estudados na escola: confusões na compreensão de conceitos como misturar, reagir, solubilizar, dissolver; relações equivocadas entre massa, volume e densidade; a não utilização de modelos corpusculares para explicar a participação de gases, líquidos e sólidos nos processos analisados; a não conservação da massa e da

matéria; a dificuldade em caracterizar por meio de critérios cientificamente aceitos as transformações químicas e físicas, mesmo quando havia a diferenciação verbal na descrição conceitual, entre outros fatos que demonstram, além de erros conceituais, a falta de consciência da utilização de modelos com distintos níveis de representação.

Acredita-se que, ao mesmo tempo, que essas noções constituem-se como obstáculos à aprendizagem das transformações químicas, também fazem parte do desenvolvimento dos sujeitos, demandando a sua problematização, na medida em que resultaram de construções realizadas por eles ao longo das suas vivências. O estudante não tem como construir conhecimentos novos a partir do vazio, como se ele não tivesse nenhuma compreensão sobre os fenômenos que estão sendo tratados, ele precisa dar-se conta da sua forma de analisar os fenômenos em estudo para então rever seus conceitos, e as incoerências entre eles e os cientificamente aceitos, que são objeto de estudo na escola.

Com o objetivo de compreender os processos de construção de conhecimentos novos vinculados ao ensino de química, inicialmente, buscamos conhecer quais as explicações elaboradas pelos estudantes que ingressam no ensino médio a respeito das transformações químicas, para então, guiados por esse diagnóstico, planejar uma proposta de ensino e aprendizagem que possibilite caminhos para pensar como problematizar as teorias individuais que se apresentam como erros conceituais encontrados nesta investigação.

Capítulo 3

Proposta de Ensino e Aprendizagem (PEA): Possibilidades para a construção de conhecimento sobre as transformações químicas por estudantes da educação básica

3.1 Diálogos reflexivos

Ao refletir sobre possíveis ações pedagógicas alternativas aos resultados encontrados com o término da primeira etapa desta pesquisa, proponho-me a apresentar, em primeira pessoa, os diálogos que realizei com teorias elaboradas por pesquisadores que estudam os processos de ensinar e aprender ciências e/ou química, em especial, com as investigações desenvolvidas pelos Professores Juan Ignacio Pozo (catedrático da faculdade de Psicologia da Universidad Autónoma de Madrid, onde realizei um estágio em 2014, por meio do programa PDSE - CAPES) e Miguel Ángel Gómez Crespo.

Desse modo, te convido a, nos parágrafos a seguir, percorrer comigo os caminhos oriundos desses “diálogos reflexivos”, onde as dúvidas e a procura por soluções se entrelaçaram tecendo um texto que se coloca pela possibilidade que todos nós professores e pesquisadores temos de, segundo Paulo Freire (2000) refletir criticamente sobre a prática, ou melhor, de realizar uma prática docente crítica, que envolve o movimento dinâmico, dialético, entre o fazer e o pensar sobre o fazer.

O fazer e o pensar sobre o fazer, no contexto da presente pesquisa, indicam que estudantes não utilizam as teorias estudadas na escola para explicar fatos do cotidiano, e ainda, que professores de química - tanto da educação básica quanto do ensino superior – não consideram as teorias individuais dos estudantes quando avaliam o que é necessário para ensinar e aprender química. Assim, ressalto a necessidade de considerarmos os resultados desse diagnóstico com um problema que merece atenção, na medida em que, os estudantes estão apresentando necessidades desconhecidas ou desconsideradas pelos professores, sujeitos responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento das aulas de química.

Assim, emerge uma, entre muitas dúvidas: Com quais teorias eu poderia dialogar sobre esse diagnóstico, de maneira a envolver-me em um movimento que me leve a construir compreensões plausíveis para pensar a prática? Uma possibilidade é caracterizar as explicações dos professores e dos estudantes como teorias implícitas, que de acordo com Pozo (2008), são teorias construídas pelos sujeitos ao longo de suas vidas, a partir do conjunto de regularidades que, de modo implícito, eles observaram no comportamento dos objetos e das pessoas, proporcionando certas teorias de natureza implícita sobre como está organizado o mundo e o que podemos

esperar dele. Ou seja, as explicações apresentadas pelos estudantes, para os fenômenos em estudo, fundamentadas em princípios diferentes dos que estruturam os conhecimentos científicos, são resultado de como eles entendem esses fenômenos, a partir de construções provenientes de suas experiências pessoais, assim como, as proposições da grande maioria dos professores de química entrevistados, que estruturaram suas hipóteses a respeito do que é necessário para que estudantes aprendam química em requisitos elaborados por suas experiências pessoais, incluindo suas práticas como educadores, ignorando conhecimentos produzidos por anos de pesquisa sobre o ensino e a aprendizagem, como por exemplo, a importância de conhecer e considerar teorias implícitas dos estudantes no processo de construção de conhecimentos.

Então, de acordo com os objetivos propostos para a segunda etapa desta pesquisa, denominada “construindo alternativas”, voltei-me ao estudo das características das teorias implícitas dos estudantes, e das possibilidades para reformulá-las, como caminho para a construção de novos conhecimentos. Todavia, acredito que, mesmo não sendo um estudo voltado diretamente à reelaboração de teorias implícitas dos professores¹, as reflexões das próximas páginas propõem um convite para que todos nós educadores possamos pensar sobre as nossas compreensões a respeito do fazer docente.

3.1.1 Teorias implícitas e Teorias Científicas

Por que é importante conhecer as características das teorias implícitas dos estudantes para que, enquanto educadores, possamos criar condições para que nossos estudantes aprendam as teorias que são objeto de estudo da química?

Antes de tudo considero válido retomar que as noções de estudantes sobre fenômenos que envolvem diferentes áreas do conhecimento são estudadas há mais de 30 anos, conforme citados no capítulo 2, e que essas investigações identificam, nas teorias implícitas dos estudantes, características distintas das que estruturam as teorias científicas, sobre as quais estão organizados os projetos curriculares de disciplinas como a química oferecida no ensino médio pelas instituições de ensino.

Assim, se considerarmos que as teorias implícitas de cada um de nós são resultado das aprendizagens que realizamos ao longo das nossas vidas, e que elas determinam nossas ações e a forma como compreendemos o mundo, e que as teorias supostamente ensinadas e aprendidas na escola, de uma forma geral, não fazem parte dessas teorias implícitas, pressupõe-se que os estudantes não assimilam o que é ensinado nas aulas de química de maneira que esses conhecimentos possam modificar a forma de interpretar e interagir com o que está a sua volta, ou ainda, se assimilam, o

¹ Para saber mais sobre as teorias implícitas de professores ver Pozo et al, 2006.

fazem com uma compreensão distinta da que é objetivada na formação da educação básica.

Estudos como os de Pozo (1999; 2008) e Pozo e Gómez Crespo (2009) indicam as diferentes características entre as teorias implícitas de estudantes e as teorias científicas, e segundo eles, as noções dos estudantes apoiam-se em supostos com princípios epistemológicos, ontológicos e conceituais radicalmente diferentes dos que são subjacentes às teorias científicas.

Quanto aos princípios epistemológicos, aprender química envolveria uma mudança na lógica a partir da qual os estudantes organizam suas teorias, ou seja, superar teorias fundamentadas no realismo ingênuo, pelas quais os sujeitos concebem o mundo tal como ele é visto, de maneira que o que não é percebido não é considerado, ou pelo menos, é muito difícil de conceber. De acordo com esses supostos, no momento de gerar representações específicas para prever ou explicar qualquer fenômeno no cotidiano, nosso conhecimento intuitivo assume, de maneira implícita, certos princípios sobre a natureza da realidade e atua conforme eles (POZO E GÓMEZ CRESPO, 2009, p.100). Todavia, para compreendermos as teorias científicas estudadas na disciplina de química, precisamos elaborar interpretações da realidade a partir de modelos, construções abstratas que ajudam a entender a natureza da matéria e suas propriedades para além do que pode ser percebido pelos nossos sentidos.

Além disso, os estudantes apresentam teorias baseadas na existência de diferentes estados para objetos ou sistemas (quente ou frio, sólido ou líquido ou gás, vermelho ou verde, mole ou duro, etc.) descrevendo assim suas propriedades observáveis da matéria, mas não suas possíveis transformações. Assim, os sujeitos tendem a classificar todos os objetos do mundo em um número limitado de categorias ontológicas, às quais são atribuídas propriedades determinadas, de maneira que nas explicações sobre algum fato ou objeto, estes são tratados como estados de maneira desconectada entre si. No entanto, para compreender os processos estudados na química é necessário aceitar as mudanças entre diferentes estados ou propriedades, características dos processos, e ainda, em um nível de maior complexidade, a existência de sistemas nos quais o conjunto de interações ajudaria a compreender, a partir de diferentes pontos de vista, os mecanismos das mudanças que o sistema experimenta e prever suas propriedades.

Ainda, de acordo com os autores Pozo e Gómez Crespo (2009), há três principais restrições estruturais das teorias implícitas que impedem a assimilação dos conceitos científicos baseados em esquemas ou estruturas formais, que são na maioria: a causalidade linear frente à interação de sistemas; a mudança e transformação frente à conservação e ao equilíbrio; e as relações qualitativas frente a esquemas de quantificação. Ou seja, ao invés de uma visão focada nos fatos e nas

propriedades observáveis das substâncias, é necessário compreender a matéria como um complexo sistema de partículas em contínua interação. Ao invés de interpretações das mudanças baseadas nos aspectos perceptivos apenas dos estados iniciais e finais, é necessário entender a conservação das propriedades não observáveis da matéria e concebê-la como um complexo sistema em equilíbrio. E, ao invés da visão qualitativa do mundo, tal como tendemos a fazer em nossa vida cotidiana, compreender que a química implica a utilização de esquemas de quantificação mais ou menos complexos.

Cabe pontuar que, do ponto de vista do ensino e da aprendizagem dos conceitos estudados na química, tema central da presente pesquisa, os princípios conceituais são os que mais interessam, assim, serão retomados e abordados com maior detalhamento na Proposta de Ensino e Aprendizagem (PEA), ainda neste capítulo.

Nesse momento penso sobre o quanto é fundamental que as aulas de química sejam organizadas como um espaço para a interação entre as teorias implícitas dos estudantes e as teorias científicas, e não como um espaço de transmissão de conhecimentos científicos. E desse modo, defendo a necessidade de os professores de química conhecerem e considerarem as teorias implícitas de seus estudantes como conteúdo relevante no planejamento de suas aulas, e mais que isso, os estudantes, em função das proposições de seus mestres, precisam ter consciência sobre suas teorias implícitas, pois muitas vezes eles as utilizam de forma automática sem mesmo perceber o porquê das suas atitudes ou dos argumentos que utilizam para resolver uma determinada situação problema.

Quando aprender se reduz a repetir com fidelidade informações, tais como as recebemos, nos encontramos mais próximos de uma aprendizagem associativa do que de uma verdadeira compreensão, ou melhor, repetindo e juntando dados não conseguiremos compreender o significado do que estamos fazendo, já quando assimilamos e integramos as novas informações aos conhecimentos anteriores, mudando nossas ideias como consequência da interação entre teorias distintas, temos um processo de aprendizagem construtiva, isto é, sujeito e objeto se construindo mutuamente, de modo que não são somente os objetos que são construídos, mas também o olhar com que vemos, nos construindo a nós mesmos enquanto sujeitos de conhecimento (POZO, 2008).

3.1.2 A mudança conceitual como possibilidade para a construção de conhecimentos nas aulas de química

Elaborar possibilidades para que a construção de novos conhecimentos possa acontecer nas aulas de química, tanto por estudantes quanto por professores, envolve uma busca constante por compreender cada vez mais o processo de aprendizagem construtiva como proposta de, em um movimento diferente do da memorização de

informações, elaborar compreensões mais complexas para interpretar o mundo a nossa volta.

Eu, particularmente, me sinto muito frustrada enquanto professora de química quando pergunto a adolescentes que estão cursando o ensino médio o que eles estão aprendendo nas aulas de química, e escuto como respostas “aqueles negócios de átomos”, ou “aquelas coisas que têm o hidrogênio no início”, ou ainda, “umas contas que têm aquele número grande”, como conteúdos distantes, difíceis ou pertencentes a um mundo particular que só os químicos compreendem. Essas falas indicam uma vivência de memorizações, e conseqüente falta de compreensão sobre o que está sendo estudado.

De acordo com Pozo (2008) o ensino se reduz, muitas vezes, a apresentar de modo explícito e detalhado a informação que os aprendizes devem “empacotar”, e proporcionar as instruções e as condições adequadas para automatizar esses pacotes de informação. Assim, acabamos formando sujeitos passivos que se acostumam a repetir informações fornecidas pelos professores, como se aprender química fosse semelhante a decorar uma informação que não precisa ser compreendida. No entanto, para aprender química, precisamos compreender o porquê dos modelos, das teorias e isso demanda mais que memorização e repetição, ou seja, precisamos assimilar as informações e integrá-las aos nossos conhecimentos anteriores.

Eu acredito na sala de aula como um lugar para os estudantes refletirem e fazerem-se perguntas. Ajudar os estudantes a pensar, a elaborar questionamentos, a falar sobre suas teorias implícitas buscando explicitá-las e compará-las com as cientificamente aceitas são possibilidades para a construção de conhecimentos novos.

Essa construção de conhecimentos novos não implica a substituição ou descarte das teorias individuais de cada estudante, mas a tomada de consciência sobre as distintas características entre as suas ideias e as teorias que estão sendo propostas. Conforme foi indicado anteriormente, as concepções dos estudantes não são algo accidental, mas o resultado de uma mente ou um sistema cognitivo que tenta dar sentido a um mundo definido não apenas pelas relações entre os objetos físicos que povoam o mundo, mas também pelas relações sociais e culturais que se estabelecem em torno desses objetos. Não é estranho, portanto, que seja tão difícil livrar-se delas no ensino, dado que constituem boa parte do nosso *senso comum* e, inclusive, da nossa tradição cultural (POZO E GÓMEZ CRESPO, 2009, p.95).

Como essas teorias implícitas apresentam um caráter distinto das teorias explícitas do conhecimento científico, objeto de estudo da química, retoma-se a necessidade de que os professores conheçam quais as explicações de seus estudantes para os fatos em estudo, para organizarem propostas de ensino e aprendizagem, de modo que as aulas de química do ensino médio possam criar condições para superar

as teorias implícitas dos estudantes, oportunizando a construção de conhecimentos baseados na compreensão (POZO, 2008, p. 453). Superar as teorias implícitas nessa perspectiva significa promover a mudança conceitual segundo a hipótese da integração hierárquica (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009; POZO, 2002; 2008), ou seja, o estudante precisa construir novas estruturas conceituais de modo que consiga redescrever suas interpretações dentro de estruturas mais complexas. Nesse contexto, a mudança conceitual não deve implicar necessariamente o abandono das teorias implícitas do estudante, tão eficazes em contextos do cotidiano e na interação social, mas sua integração hierárquica na nova teoria explicitamente elaborada. Para Pozo (2008, p. 484) saber mais é também saber utilizar melhor os conhecimentos disponíveis em função das metas e das condições da tarefa.

O que acontece muitas vezes é que, sem conseguir diferenciar as características entre suas teorias implícitas e as teorias científicas que são objeto de estudo das aulas de química, os estudantes acabam por assimilar as informações de acordo com seus critérios particulares, criando confusões conceituais, como em várias situações apresentadas no segundo capítulo desta pesquisa, em que eles explicaram o funcionamento de átomos ou moléculas a partir das propriedades observáveis no nível macroscópico, então se o prego enferrujou, os átomos de ferro enferrujaram, se a água mudou de estado físico, foram as moléculas de água que evaporaram.

Segundo Pozo (2008), as interpretações errôneas do conhecimento são um exemplo das restrições que os níveis inferiores da hierarquia de aprendizagem impõem às estruturas de conhecimento que se constroem sobre eles, que somente podem evitar-se mediante uma clara explicitação das diferenças entre ambas as formas de conhecimento, assim, aprender não é somente adquirir novas representações, é também conseguir, entre as disponíveis, ativar a mais adequada ao contexto ou a demanda da tarefa apresentada.

Como eu posso criar condições para que os meus estudantes construam conhecimentos na perspectiva da mudança conceitual?

Pozo e Gómez Crespo (2009) indicam três processos fundamentais na construção de conhecimentos na sala de aula: reestruturação teórica, explicitação progressiva e a integração hierárquica.

A reestruturação teórica propõe uma mudança das estruturas conceituais dos estudantes, em distintos graus de reorganização, desde o enriquecimento ou crescimento das concepções, quando as novas informações são incorporadas sem mudar a estrutura conceitual existente, passando pelo ajuste, ou seja, modificando as estruturas por processos de generalização e discriminação, sem uma mudança radical das estruturas existentes, até a reestruturação que se traduziria em uma mudança das estruturas conceituais utilizadas em um domínio de conhecimento dado, indo das

formas mais simples, próprias do conhecimento cotidiano até as estruturas mais complexas das teorias científicas, desse modo, adquirir conhecimentos mais complexos demandaria também dispor de estruturas conceituais mais complexas para integrar essas representações mais primárias. Isso aconteceria quando o professor conseguisse criar condições para que, durante o estudo de conteúdos conceituais específicos, os estudantes aprendessem a interpretar os fenômenos em termos de estruturas complexas.

A explicitação progressiva envolve um processo de construção de conhecimento científico em que, gradativamente, o estudante consiga ter consciência de suas concepções intuitivas. Pozo (2008) utiliza uma analogia interessante ao tratar as teorias implícitas como um grande iceberg, da qual só aparece uma pequena parte, porém a imensa maioria dessas concepções segue submergida por baixo do nível consciente. Explicitar seria, em grande medida, ir aprofundando em níveis cada vez mais profundos desse iceberg inconsciente, até fazê-lo flutuar e com ele fluir e modificar-se. Contudo, esse processo implica não somente uma reflexão ou explicitação das teorias implícitas, mas também a aquisição de novas linguagens e sistemas explícitos de representação, característicos das teorias científicas, de modo a redescrever os conhecimentos em termos de sistemas conceituais mais potentes. Para tanto, torna-se fundamental projetar cenários que facilitem esse processo de explicitação, de forma que o estudante enfrente problemas potenciais, que induzam à comunicação das próprias concepções, de maneira que mediante o que Karmiloff-Smith apud Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 133) denomina de redescrição representacional, o estudante consiga trazer para sua própria consciência boa parte desse iceberg submerso que são suas teorias implícitas individuais.

Ainda, como outro processo necessário, a integração hierárquica de diversas formas de conhecimento, demanda a organização de formas de instrução que ajude o estudante na reconstrução ou redescrição de suas intuições, situando-as em um marco conceitual novo e mais potente, porém sem abandonar as teorias implícitas, na medida em que elas formam parte não somente do seu sentido comum, mas também de um acervo cultural largamente acumulado como resultado de uma larga história de êxitos pessoais e culturais. Todavia, ao invés de misturar ambos os tipos de conhecimento, o estudante teria a possibilidade de diferenciá-los e integrá-los de maneira coerente, por exemplo, mesmo compreendendo os processos que envolvem a transferência de energia na forma de calor nós não chegamos a uma loja para comprar um agasalho solicitando um bom isolante térmico, continuamos procurando um “casaco quentinho”.

Assim, ao invés de apresentar o conhecimento ou teoria que deve aprender-se, buscar-se-ia o planejamento para ajudar o estudante a construir, para além de suas teorias implícitas, as estruturas conceituais adequadas (interação, equilíbrio,

quantificação, ou as que sejam) para assimilar as teorias científicas que se caracterizam como incompatíveis com os seus conhecimentos implícitos (Pozo, 2008). Ainda, segundo esse autor, pode-se estabelecer quatro níveis de construção (ou reconstrução) dos conhecimentos prévios como consequência da assimilação de novas informações. Em um primeiro nível, a assimilação não dá lugar a nenhuma acomodação, o estudante não consegue explicitar nenhum conhecimento, ou seja, não produz nenhum conhecimento construtivo. Já quando o aprendiz se vê forçado a refletir sobre suas representações implícitas, temos um segundo nível, ou seja, ele consegue detectar alguma anomalia entre as suas ideias e as teorias em estudo. No terceiro nível, as anomalias se repetem frequentemente, e fica cada vez mais difícil atribuí-las a fatores externos aos conhecimentos prévios. E no quarto nível a construção de uma nova estrutura conceitual que dê conta do que têm em comum situações aparentemente tão diferentes, é uma via para a reestruturação desses conhecimentos anteriores, ou seja, uma reorganização da árvore do conhecimento, uma mudança conceitual.

Partindo do pressuposto de que, conforme Pozo (2008, p. 456), compreender é uma forma mais complexa de aprender, e por tanto mais dependente da cultura de aprendizagem de instrução, entendo que cabe a nós, professores e pesquisadores a proposição de possibilidades que permitam refletir sobre como podemos agir de modo a criar possibilidades para que os estudantes compreendam os conceitos da química. Assim, a vontade de propor e analisar a mudança conceitual durante o estudo de conceitos abordados na primeira etapa desta investigação, levou-me à elaboração de uma proposta de ensino e aprendizagem (PEA) para o estudo das transformações químicas no início do ensino médio.

3.2 A Proposta de Ensino e Aprendizagem (PEA)

A PEA foi organizada não como uma receita a ser reproduzida por outros professores, mas como uma possibilidade de, na interação entre os conhecimentos produzidos por pesquisas na área da educação e a prática escolar, organizar estratégias que contemplem conceitos e formas de abordagem com as características avaliadas como necessárias para oportunizar aos estudantes a construção de novos conhecimentos. Segundo Johnstone (2000, p. 10), a literatura de pesquisa tem sido dominada por trabalhos sobre concepções errôneas, mas ainda há poucos trabalhos sobre como reverter ou evitar isso.

Como resultado de um trabalho reflexivo e processual, realizado por uma professora-pesquisadora que busca melhorar suas práticas e criar condições para que seus estudantes compreendam e se interessem pela química, a PEA propõe aos sujeitos envolvidos no ensinar e aprender, trilhar caminhos diferentes dos tradicionalmente oportunizados em sala de aula e/ou ofertados pelos livros didáticos, objetivando:

- Criar condições para que os estudantes apresentem suas ideias (teorias implícitas) a respeito dos fenômenos em estudo, ou seja, que tenham liberdade para formular explicações e avaliar as distintas possibilidades apresentadas, sem preocupação com avaliações punitivas, para, desse modo, facilitar a tomada de consciência e a explicitação de teorias;

- Considerar as teorias implícitas diagnosticadas durante o processo para, problematizando-as, buscar meios para que os estudantes diferenciem as características entre teorias cotidianas e científicas, objetivando a reestruturação de conhecimentos;

- Oportunizar distintas formas de representação, utilizadas pela química, para interpretar os fatos em estudo como meio de ultrapassar as compreensões apenas no nível macroscópico, ou seja, mediar a construção de modelos mais complexos e eficientes para compreender as propriedades e as transformações da matéria;

-Fomentar a utilização das teorias científicas estudadas em diferentes contextos, introduzindo gradativamente problemas que requeiram novos níveis de interpretação.

Cabe ressaltar ainda que, a presente proposta foi elaborada partindo-se do pressuposto de que qualquer instituição de ensino pode ser um espaço de construção de conhecimentos onde todos os sujeitos podem e devem, pela ação e reflexão contínua, reelaborar suas compreensões a respeito da realidade.

Os pressupostos considerados fundamentais para a organização da PEA neste estudo estão sintetizados na figura 10 e serão detalhados a seguir.

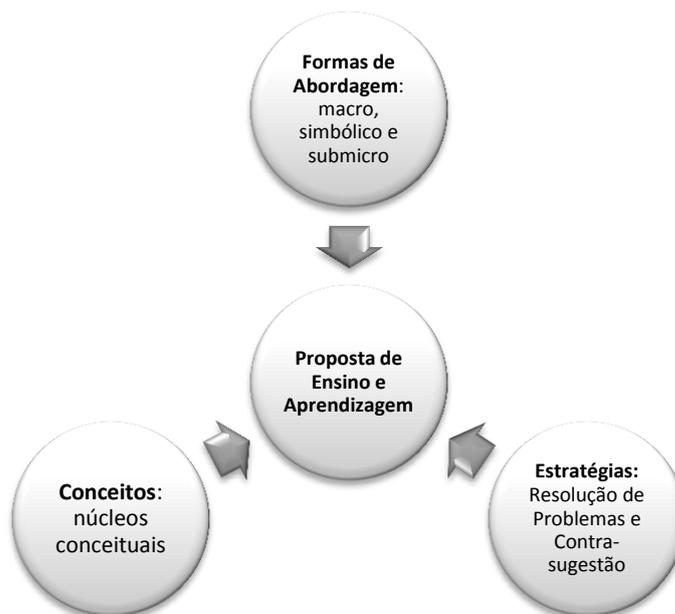


Figura 10 – Pressupostos constituidores da PEA

3.2.1 Conceitos

Investigações realizadas por Pozo e Gómez Crespo (2009), Gómez Crespo, Pozo e Gutiérrez Julián (2004), Gómez Crespo (1996), Gómez Crespo et al (1992), apresentam três núcleos conceituais que estariam vinculados diretamente com grande parte das dificuldades e “erros conceituais” que aparecem no estudo da química, ou seja, relacionados respectivamente com a compreensão da matéria como algo descontínuo, a conservação de propriedades não observáveis e a quantificação dessas relações.

Para esses autores o estudo das dificuldades de aprendizagem da química pode ser mais simples se levarmos em consideração que, longe de estarem isoladas, existe uma estreita relação entre a maioria delas, de tal modo que a maior parte dos conteúdos da química elementar pode ser organizada em torno desses três núcleos conceituais fundamentais.

Tanto na oitava série/nono ano do ensino fundamental, na disciplina de ciências, quanto no ensino médio, a química estrutura-se como um conhecimento que se estabelece mediante relações complexas e dinâmicas que envolvem um tripé bastante específico, em seus três eixos constitutivos fundamentais: as transformações químicas, os materiais e suas propriedades e os modelos explicativos (BRASIL, 2006). Assim, defende-se que a compreensão dos núcleos conceituais permitirá aos estudantes o estabelecimento de relações complexas e necessárias para, ao longo da formação oferecida na educação básica, dar significado aos conteúdos da química.

O diagnóstico exposto no capítulo 2 mostrou que alguns estudantes acreditam que os gases somente podem reagir com outros gases, ou que sólidos não reagem sem antes passarem para o estado líquido. Esses são exemplos de estudantes que ainda não construíram a noção de descontinuidade da matéria, necessária para compreender e explicar diversos aspectos da matéria, como: os estados em que ela se apresenta (sólido, líquido, gás), as mudanças de estado, a difusão dos gases, os fenômenos de dissolução, etc. Além disso, a assimilação da natureza corpuscular da matéria é indispensável para a compreensão e interpretação das transformações químicas, na medida em que, na interpretação destes processos, a noção de partícula vai nos permitir explicar a mudança de uma substância em outra como uma reorganização dos átomos das substâncias participantes (GÓMEZ CRESPO et al, 1992).

Para tanto, como instrumento interpretativo dos fenômenos que são estudados pela química, o modelo corpuscular da matéria proposto por Gómez Crespo (2008) se apresenta a partir de três ideias fundamentais:

- a matéria está formada por pequenas partículas que não podemos ver.
- as partículas se encontram em contínuo movimento, frente à aparência com que se apresentam.

- entre essas partículas não há absolutamente nada, o que implica algo tão contraintuitivo como a ideia de vazio. Sua natureza, portanto, é descontínua, frente à aparência contínua como a percebemos.

Segundo Pozo e Gómez Crespo (2009), mesmo que os alunos cheguem a vislumbrar, em algumas tarefas ou situações, a possibilidade de um mundo descontínuo oculto no mundo contínuo que enxergam diariamente, tendem a voltar às suas teorias intuitivas, muito mais próxima do mundo que os rodeia, por duas razões:

- a) Crença, comum no conhecimento cotidiano, (causas e efeitos).
- b) Se as imagens que os alunos percebem do mundo não são suficientes para compreender a estrutura da matéria, o ensino não consegue proporcionar sistemas de representação alternativos que permitam aos alunos compreender sua natureza.

Então, a percepção do sólido como compacto e rígido, leva o estudante a interpretação de que ele não pode interagir com outros materiais, já o líquido consegue se “misturar” com outros líquidos. Quanto aos gases, suas características macroscópicas mostram que ele se expande, ocupa todo o espaço disponível e por ter características tão diferentes dos líquidos e sólidos não tem como se “misturar” com substâncias nesse estado físico. O conceito de “misturar” empregado como sinônimo de “reagir” nesse caso remete ao entendimento, de que quando uma substância entra em contato com a outra, acontecerá uma reação química. Essas ideias, presentes nas explicações dos estudantes, são alguns entre muitos exemplos que mostram que eles não têm um modelo de representação que ultrapasse o nível macroscópico.

Ainda, em geral, observa-se uma tendência a interpretar o mundo microscópico em termos macroscópicos, atribuindo às partículas constituintes da matéria propriedades similares às características observáveis do sistema, ou seja, os alunos concebem a matéria tal como a percebem, assim, não é estranho que tenham uma representação diferente para a matéria sólida, líquida e gasosa (POZO E GÓMEZ CRESPO, 2009).

Em um ambiente como a sala de aula, cada conceito estudado pode ser utilizado pelos sujeitos pertencentes ao grupo como se todos atribuíssem a ele o mesmo significado, no entanto, cada um dos estudantes e ainda a professora, poderão ter construído representações distintas para ele e utilizá-lo com entendimentos diferentes. Desse modo, entende-se que se o professor não estiver atento a essa heterogeneidade de compreensões, provavelmente realizará avaliações equivocadas sobre as dificuldades de aprendizagem de seus estudantes.

Esse cuidado em distinguir como os estudantes entendem determinados termos ou fenômenos que remetem a conceitos que fundamentarão conhecimentos essenciais da química, torna-se um imperativo na medida em que se reconhece a complexidade do conhecimento químico, como por exemplo, em circunstâncias que

exigem dos estudantes a análise de mudanças facilmente perceptíveis aos sentidos, mas que envolvem propriedades não observáveis que se conservam.

Pozo e Gómez Crespo (2009) ressaltam que para poder compreender os diferentes fenômenos da natureza, as mudanças e transformações que a matéria experimenta, os estudantes devem assumir a existência de certas entidades conceituais (energia, massa, matéria, etc.) que frequentemente permanecem estáveis ao longo de um processo, apesar das mudanças aparentes que ocorrem na matéria (combustão, ebulição, dissolução, etc).

Dessa forma, conservações e não conservações de propriedades devem ser analisadas ao mesmo tempo pelos estudantes, ainda que a análise baseada nos sentidos ofereça a sensação de que nada aconteceu em um determinado caso, ou de que tudo mudou em outro. Chega-se assim, ao segundo núcleo conceitual fundamental para a compreensão das transformações químicas, a conservação de propriedades não observáveis.

Para Gómez Crespo et al (1992), a compreensão da conservação de certas propriedades da matéria é necessária para poder explicar todos os processos em que esta sofre transformações, seja físico ou químico. A conservação em química é um conceito diretamente relacionado com a noção de descontinuidade da matéria, de forma que poderíamos considerar a assimilação desta noção como condição necessária, porém não suficiente, para chegar a compreender a conservação da matéria nas distintas transformações que pode sofrer. O que se conserva por trás de uma transformação química pertence ao mundo do não observável, e nos remete, uma vez mais, a essas minúsculas partículas que compõem a estrutura oculta da realidade. Dessa forma, este é um dos problemas mais difíceis de superar na compreensão da química, o que impede, em último caso, compreender a própria noção de mudança química e, em definitivo, a própria estrutura química da realidade.

Explicações como as apresentadas pelos estudantes no diagnóstico inicial em que se buscou conhecer quais as ideias que eles tinham a respeito de ocasiões envolvendo transformações químicas mostram, por exemplo, a concepção de que a matéria pode transmutar, ou seja, durante uma reação química um determinado elemento pode transformar-se em outro, ou ainda, substâncias podem desaparecer. Tais ideias, caracterizadas como erros conceituais que obstaculizam a aprendizagem da química, refletem as construções elaboradas pelos estudantes para explicar o que é observado nas situações estudadas, e mostram que a formação básica oferecida pelas disciplinas de química e/ou ciências não oportunizaram a esses estudantes situações de aprendizagem que os permitisse considerar que em uma transformação química há a conservação dos átomos envolvidos, que se reorganizam, e não são destruídos ou produzidos durante o processo. Segundo pesquisas de Pozo e Gómez Crespo (2009, p.166), a conservação qualitativa da matéria, ou conservação da substância, é

entendida com mais facilidade, e em uma idade mais precoce, quando ocorre uma mudança de estado, mas é mais difícil quando o processo é uma reação química.

A conservação da massa também foi foco das problematizações elaboradas durante a primeira fase da pesquisa, e muitos são os exemplos de estudantes que, ao explicar os fatos evidenciados, formularam justificativas onde a conservação da massa não foi considerada. Para alguns estudantes, um material estaria sujeito a diminuir a massa durante uma queima, já outros ao serem aquecidos tenderiam a aumentar sua massa. Há também os que, ao não considerarem a massa dos gases ou os próprios gases como substâncias participantes das transformações, utilizavam proposições de que a massa aumentaria por que alguma substância foi gerada durante o processo.

Os estudantes baseiam suas respostas nos aspectos observáveis dos estados inicial e final da matéria, centrando-se em explicar aquilo que mudou e não o que permanece. Assim, as mudanças de estado, e em grande medida também as reações, geralmente implicam modificações observáveis, que os alunos associariam a mudanças quantitativas da matéria, especialmente quando o estado final é gasoso (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009).

O terceiro núcleo conceitual que trata do estudo das relações quantitativas, ou seja, da representação das leis físico-químicas e sua aplicação prática, não será abordado nesta proposta de ensino e aprendizagem por ultrapassar os objetivos da presente pesquisa que está voltada à aprendizagem de conceitos fundamentais presentes no final do ensino fundamental e início do ensino médio.

Cabe ressaltar que, de acordo com Gómez Crespo et al (1992), os núcleos conceituais estão hierarquizados entre si, de forma que cada um deles influencia na assimilação do seguinte, ou seja, a compreensão do modelo descontínuo da matéria é condição necessária, porém não suficiente para a compreensão da conservação nas transformações da matéria. E ainda, segundo esses autores, a aprendizagem em química implica um problema de representação do observável em que o aluno deve abandonar os indícios perceptivos como fonte de representação, para passar a utilizar um sistema de representação muito mais abstrato, os símbolos químicos.

Como forma de abordar esse aspecto da representação, a presente proposta de ensino e aprendizagem dialoga com o modelo dos três níveis de Johnstone.

3.2.2 Formas de abordagem

A análise das explicações dos estudantes a respeito dos fenômenos utilizados nas quatro histórias (capítulo 2) mostrou que, na grande maioria dos casos, eles organizaram suas ideias apenas no nível macroscópico, situação possivelmente relacionada à abordagem dada ao conteúdo problematizado em cada uma das histórias, onde eram relatados acontecimentos envolvidos em circunstâncias do cotidiano. Já na atividade denominada resolução de problema em lápis e papel, em

que as fórmulas químicas do metano e do dióxido de carbono foram utilizadas no enunciado do problema, os estudantes construíram respostas onde outros níveis de representação estiveram presentes (representacional e submicroscópico). Todavia, percebeu-se que essa variação na forma de abordagem do conhecimento corroborou para que erros conceituais que já haviam sido diagnosticados no contexto das quatro histórias pudessem ser expostos novamente.

Além disso, evidenciou-se que as explicações elaboradas pelos estudantes na resolução em lápis contemplavam diferentes níveis de modo indiferenciado, sem o entendimento de que são utilizados como modelos de representação. Pareceu não estar claro para os estudantes que um modelo não é uma cópia da realidade, muito menos a verdade em si, mas uma forma de representá-la originada a partir de interpretações pessoais desta (FERREIRA E JUSTI, 2008, p.32).

Assim, destaca-se a importância de que o estudante tenha consciência da existência de diferentes formas de representação para as transformações químicas, seja por meio de uma equação com fórmulas químicas, seja utilizando-se o modelo de partículas, ou ainda por meio de uma descrição de um fenômeno vivenciado. Essa compreensão, de que a química não utiliza um único nível de representação em seus estudos somente será construída e aplicada por estudantes que conseguirem dar sentido para tais formas de abordagem, de acordo com as condições criadas para eles aprenderem.

Johnstone (2000) apresenta um modelo, que segundo ele tem a ver com a natureza da química, no qual existem três formas que podem ser pensadas como cantos de um triângulo, em que nenhuma delas é superior a outra, mas cada uma completa a outra. Essas formas de conhecimento são: (a) o macro ou tangível: que pode ser visto, tocado ou cheirado; (b) o submicro: átomos, moléculas, íons e estruturas e (c) o representacional ou simbólico: símbolos, fórmulas, equações, molaridade, manipulação matemática e gráficos.

No nível macro, a química seria o que se faz no laboratório, na cozinha, ou seja, uma situação experimental a qual nós estamos acostumados. Mas, para a química ser melhor compreendida, tem-se que mover situações do submicro, onde o comportamento das substâncias é interpretado em termos do invisível e molecular e registrado em alguma linguagem representacional. Esse é o principal suporte de conhecimento como uma busca intelectual, e também a principal fragilidade do conhecimento quando tenta-se ensiná-lo, ou mais importante, quando estudantes tentam aprendê-lo.

Para Johnstone (2000), a introdução simultânea dos três aspectos é uma receita que certamente causará o acúmulo de informações com as quais o estudante terá dificuldade de trabalhar. Portanto, deve-se começar onde os estudantes já estão, a partir de uma informação, processando um ponto de vista, com coisas que eles

perceberão como interessantes ou familiares e então, de acordo com os objetivos do estudo organizar-se informações do nível representacional e submicroscópico.

Compreende-se assim que, cabe ao professor, por meio do conhecimento didático do conteúdo a ser estudado, a elaboração de atividades que permitam aos estudantes diferenciar os níveis de representação dentro de um mesmo contexto de análise, e utilizá-los de forma consciente e coerente com os objetivos das situações em estudo.

3.2.3 Estratégias

A PEA foi elaborada de modo que diferentes estratégias de ensino e aprendizagem pudessem ser utilizadas, destacando-se entre elas a resolução de problemas e a contra sugestão, por serem, de acordo com nossos estudos anteriores (SILVA, 2008; SILVA, 2011), atividades em que a reflexão e a ação dos estudantes são parte fundamental. Elas podem ser empregadas em conjunto, separadamente ou com outras estratégias como a resolução de exercícios, pequenas pesquisas, realização de experimentação prática, entre outros. A escolha das estratégias a serem utilizadas resultou de uma avaliação sobre os objetivos de cada etapa da PEA.

Por meio da contra sugestão apresenta-se ao sujeito uma explicação distinta ou contrária à sua, buscando verificar se ele persiste na sua ideia inicial, o que poderia revelar que sua convicção é firme e não produto de uma sugestão dada pelo entrevistador (DELVAL, 2002). Para esse autor é aconselhável dizer que se trata de uma resposta de um menino da sua idade e não de outro maior ou adulto para que não tenha a tendência a aceitar essa resposta por razões de autoridade. Esta estratégia permite a análise da aceitação ou recusa do que foi sugerido por parte do estudante, então, se ele aceita e modifica o que tinha dito antes é sinal de que deve-se continuar perguntando, se ao contrário, rechaça a sugestão e, sobretudo, dá argumentos para isso, pode-se estar seguros de que suas concepções estão bem estabelecidas. Por isso, é interessante considerar a contra sugestão útil quando não se consegue ter clareza a respeito das ideias do sujeito, ou mesmo quando o entrevistador não sabe se suas opiniões influenciaram as explicações dadas pelo estudante.

Segundo Charlot-Blanc (1997), a contra sugestão constitui uma das estratégias utilizadas por Jean Piaget nas entrevistas do Método Clínico, sendo particularmente útil para situações em que o sujeito fica em silêncio quando é questionado, podendo ainda estimulá-lo ao incitá-lo a uma maior flexibilidade de argumentação.

Não está entre os objetivos da presente pesquisa a utilização do método clínico de Piaget, mas sim o emprego da contra sugestão adaptada ao contexto dos estudantes, de forma similar ao que foi apresentado no capítulo dois. Entende-se que a contra sugestão oportuniza aos estudantes um espaço de diálogo entre as suas ideias

e as supostamente de outros estudantes, permitindo a análise de outros pontos de vista, e a reflexão a respeito das próprias explicações.

Os resultados obtidos durante a primeira parte deste projeto de pesquisa tornaram-se conteúdo para a elaboração de situações caracterizadas como contra sugestão, na medida em que oferecem concepções de estudantes da mesma faixa etária dos que participarão dos estudos de caso durante a utilização da PEA.

Sabe-se que o estudante tem o professor como referência de conhecimento sobre o que está sendo estudado, e por isso, é muito comum que ele o procure para saber qual é a resposta correta, ou onde ele pode encontrá-la no livro didático ou na internet. No entanto, acredita-se que o professor que “atropela” seus estudantes com respostas prontas, tidas como verdades a serem memorizadas, não permite que eles aprendam, pois ao ignorar um momento de dúvida, poderá obstruir o início de um caminho de construção, onde por meio da ação o estudante estaria elaborando novos conhecimentos.

Perceber nos questionamentos dos estudantes uma oportunidade de devolver outros questionamentos, que desencadeiem um processo de reflexão a respeito do que está posto e, conseqüentemente, os leve a elaboração de hipóteses ou mesmo a sustentação de suas concepções, justificando-as, é uma prática que possibilita ao professor, pesquisar quais as diferentes compreensões dos estudantes a respeito do que está sendo estudado, e além disso, organizar situações de aprendizagem que sirvam como atividades construtivas por parte dos estudantes.

Quanto à estratégia de resolução de problemas, trata-se de uma situação na qual o estudante não deve dispor de procedimentos automáticos que permitam solucioná-los de forma mais ou menos imediata, ou seja, exige, de alguma forma, um processo de reflexão ou uma tomada de decisão sobre a sequência de passos a serem seguidos (POZO e PÉREZ ECHEVERRÍA, 1998).

Ao elaborar uma resolução de problema, cabe ao professor ter muita clareza quanto aos objetivos da atividade a ser desenvolvida, para acompanhar e, dessa forma, avaliar as construções realizadas pelos estudantes durante a busca por soluções. Uma das finalidades da resolução de problemas é não somente ativar as teorias implícitas dos estudantes, mas, principalmente, fazer com que se tornem explícitos, que reflitam sobre eles quando precisarem comunicá-los a outros e a si próprios (POZO E GÓMEZ CRESPO, 1998, p.91).

Pretende-se assim, com estratégias que exijam a elaboração de ideias e a reflexão a respeito delas, proporcionar aos estudantes condições para tomar consciência das suas teorias implícitas e construir conhecimentos novos que os auxiliem na continuidade dos estudos nas séries seguintes, assim como nos problemas vivenciados no cotidiano, pois no ensino médio a química deve ser valorizada, na qualidade de instrumento cultural essencial na educação humana, como meio co-

participante da interpretação do mundo e da ação responsável da realidade (BRASIL, 2006).

3.2.4 Etapas da Proposta de Ensino e Aprendizagem

A PEA foi desenhada para ser utilizada em um estudo onde fosse possível o acompanhamento detalhado dos caminhos traçados pelos estudantes ao participarem das atividades. Todavia, a possibilidade de transposição para situações do cotidiano escolar, mais especificamente de aulas de química, é totalmente viável na medida em que as atividades foram elaboradas com o objetivo de constituírem-se situações de ensino e aprendizagem no contexto das aulas de química. Essas atividades foram distribuídas em quatro encontros, de forma a contemplar os pressupostos anteriormente descritos. O quadro (apêndice 1) apresenta uma síntese com os objetivos, os principais conceitos, as atividades, as estratégias, as formas de abordagem e os núcleos conceituais que constituíram cada um dos encontros.

A seguir são apresentadas as quatro etapas com as atividades planejadas para cada um dos encontros. Para que cada encontro e atividade da PEA possam ser identificados, sem ser novamente descritos durante a análise dos resultados, a seguinte codificação foi adotada: a letra E seguida dos números 1,2,3 ou 4, representará cada um dos encontros; a letra A seguida dos números 1,2,3 ou 4 indicará cada uma das atividades desenvolvidas, assim, E1A1 será utilizado para apresentar unidades de registro da primeira atividade do primeiro encontro, por exemplo.

Etapa 1

Atividades

E1A1- Contação da história “Bolhas na vida de Maria Clara” com posterior entrevista para diagnóstico das concepções do estudante

Para iniciar a atividade, a professora conta a História “Bolhas na vida de Maria Clara” (capítulo 2), e então, cada estudante é convidado a expor suas ideias a respeito dos dois fatos apresentados pela história.

Em seguida, a professora propõe a análise apenas do fato 1, onde bolhas são formadas na água da panela que foi aquecida para o preparo da sopa, dizendo que o fato 2 será estudado em um próximo encontro. Como o estudante já terá apresentado suas explicações, a professora expõe a ele outras hipóteses (contra sugestão) dizendo que são respostas dadas por outros estudantes e solicita que ele se posicione em relação a essas informações. Foram utilizadas as seguintes explicações como hipóteses de outros estudantes:

-Ao ser aquecida, a água passa do estado líquido para o estado gasoso – ebulição – assim, as bolhas seriam água gasosa.

-Ao aquecer a água, o ar que havia dentro dela vai sair, assim as bolhas observadas são bolhas de ar.

-A água, H₂O, ao ser aquecida, se decompõe em dois gases, o hidrogênio e o oxigênio, ou seja, as bolhas são esses dois gases sendo liberados.

OBS: As hipóteses apresentadas aqui como respostas dadas por outros estudantes foram extraídas das falas dos estudantes que participaram do estudo de caso realizado na primeira parte deste projeto, e portanto, terão uma abordagem a nível macroscópico.

E1A2- Estudo de Vídeo sobre o ciclo da água na natureza

Nesta atividade, estudante e professora analisam o ciclo da água na natureza, identificando: a) estados da matéria em que a água é encontrada; b) diferenças macroscópicas entre esses estados; c) representação das mudanças de estado físico da água em nível simbólico.

O vídeo utilizado foi encontrado no *youtube*² e sua escolha aconteceu em função das formas de abordagem que ele utiliza para explicar o ciclo da água na natureza, com um vocabulário simples compreendendo aspectos dos níveis macroscópico e simbólico. Trata-se de uma animação que apresenta inicialmente aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera e a realização da fotossíntese como funções do sol, e a partir disso descreve a evaporação da água presente na superfície terrestre, a importância de diferentes temperaturas nas várias regiões do planeta, a formação e função do vento, os processos de absorção e liberação da água pelas plantas, a condensação, a formação de nuvens e nevoeiros, a formação da chuva, da neve e do granizo, a infiltração e a acumulação da água na superfície terrestre.

Com o propósito de empregar gradativamente as formas de abordagem, nesse momento a análise do ciclo da água é pautada em aspectos do macroscópico, e também em informações fornecidas pelas fórmulas químicas, onde as transformações de estado físico são representadas por setas, enquanto processo. Buscou-se, dessa forma, proporcionar aos sujeitos o estudo da conservação da substância, pela percepção de que a substância permanece durante a transformação de estado físico.

E1A3- Atividade experimental: expansão do ar.

Para finalizar o encontro, cada estudante foi convidado a observar e explicar, por meio de um desenho e/ou texto, o que acontece com o balão de festa ajustado na boca de uma garrafa pet no momento em que a garrafa (figura 11) é colocada dentro de um recipiente com água quente.

² <http://www.youtube.com/watch?v=mTDoKjldlqQ>

OBS: no dia do encontro a umidade relativa do ar estava bastante alta e foi possível perceber a presença de gotículas de água no interior da garrafa.



Figura 11 – Atividade experimental do encontro 1.

Para finalizar foi indicado que o estudante poderia pensar sobre a atividade realizada e sobre suas explicações, podendo pesquisar em livros, na internet, ou com seus professores, pois o assunto será retomado no início do próximo encontro.

Etapa 2

Atividades

E2A1- Espaço para questionamentos ou exposição de ideias relacionadas ao encontro anterior

Para iniciar o encontro, a professora pergunta ao estudante se ele tem alguma dúvida ou consideração a fazer a respeito do encontro anterior, assim, o estabelecimento do diálogo depende da motivação do estudante em compartilhar suas ideias ou questões.

E2A2– Análise de um vídeo para o estudo do funcionamento de um balão de passeio

O vídeo utilizado para entender como um balão de passeio é montado, e quais as características que permitem aos seres humanos utilizá-lo para voar foi encontrado no *youtube*³. Trata-se de um vídeo promocional de uma empresa que promove vôos turísticos com balões de passeio, desse modo, foram realizados cortes no vídeo para

³ <http://www.youtube.com/watch?v=o624Nu0008M>

utilizar apenas as partes que mostram os profissionais responsáveis realizando a montagem do balão, com as seguintes etapas: montagem da estrutura responsável pela produção da chama na parte superior da cesta onde as pessoas são transportadas (visualização dos cilindros de propano), enchimento do balão com ar na temperatura ambiente, aquecimento do ar que está preenchendo o balão (posição horizontal), movimento do balão para a posição vertical a partir do aquecimento do ar e início do voo.

O exemplo do funcionamento de um balão de passeio surge das diferentes situações que ele apresenta para a continuidade dos estudos, na medida em que, ele permite que a professora solicite ao estudante a comparação entre o funcionamento do balão de passeio e a última atividade realizada no encontro anterior. Busca-se assim, a reflexão sobre a expansão do ar pelo aquecimento como forma de introduzir o estudo do modelo cinético corpuscular da matéria, segundo o qual a matéria seria constituída por pequenas partículas que não podemos ver; essas partículas estão em contínuo movimento; e entre essas partículas não há absolutamente nada (espaços vazios). Parte-se então para o nível de representação submicroscópico, que juntamente com o macroscópico e simbólico, foi utilizado para simular o fenômeno em análise.

E2A3 – Estudo da compressão e expansão das moléculas no botijão de gás propano que é utilizado para aquecer o ar que irá inflar o balão de passeio

É solicitado ao estudante que ele elabore uma explicação utilizando as três formas de representação para a compressão e expansão das moléculas de propano que estão contidas no botijão que é utilizado no balão de passeio. Para tanto a professora poderá fazer a seguinte pergunta:

O que acontece com as moléculas de um gás quando este é colocado em um recipiente onde a pressão é maior que a pressão atmosférica?

E2A4 – Análise de desenhos de outros estudantes com representações a nível submicroscópico

Como o modelo cinético molecular já foi apresentado, esta é uma oportunidade para o professor sugerir uma atividade extraclasse, para ser entregue no próximo encontro, onde o estudante deverá avaliar figuras (conforme apresentado abaixo na figura 12) que teriam sido desenhadas por outros estudantes, e que representam a nível submicroscópico, a expansão e compressão do ar contido em uma seringa (contra sugestão).

Analise e escreva sua avaliação a respeito dos desenhos elaborados por dois estudantes do ensino médio.

Esses desenhos representam como eles entendem, a partir de um modelo submicroscópico, o que acontece com as partículas que compõem o ar quando elas são pressionadas dentro de uma seringa que está com a ponta fechada, ou seja, o ar não pode sair da seringa.

Estudante 1

Antes

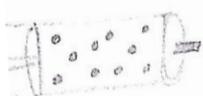


Depois



Estudante 2

Antes



Depois

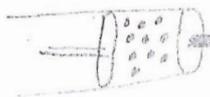


Figura 12- Atividade 4 do encontro 2.

Etapa 3

Atividades

E3A1- Espaço para questionamentos ou exposição de ideias relacionadas ao encontro anterior

Para iniciar o encontro, a professora pergunta ao estudante se ele tem alguma dúvida ou consideração a fazer a respeito do encontro anterior, assim, o estabelecimento do diálogo depende da motivação do estudante em compartilhar suas ideias ou questões.

E3A2- Retomada do exemplo do balão de passeio para analisar a combustão do propano

Como atividade para estudar uma reação química, utilizando os níveis macroscópico (imagens do encontro anterior) e simbólico (equação química que representa a combustão do propano), buscou-se uma explicação por meio da comparação entre os níveis de representação (como a combustão pode ser percebida

no vídeo do balão ou em situações do cotidiano, e como ela pode ser representada na linguagem utilizada pela química). Além disso, objetivou-se que os estudantes pudessem perceber a conservação e a não conservação da substância, comparando a equação que representa a combustão e as equações utilizadas para representar as mudanças de estado físico da água (primeiro encontro). Como guia para os diálogos foram apresentadas, juntamente com a equação, as seguintes perguntas:



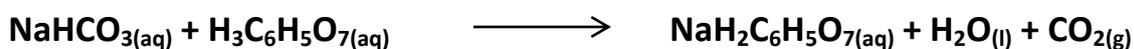
- Quais são os reagentes? E produtos? Identifique os estados físicos de cada um deles.
- Esse processo pode ser considerado idêntico aos representados quando analisamos o ciclo da água na natureza? Justifique.
- Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos? Explique.
- Compare as informações presentes na equação química (nível representacional) com o que você percebe quando observa a combustão de um gás (nível macroscópico), como o gás de cozinha por exemplo, e indique as semelhanças e diferenças.

E3A3- Retomada do fato 1 da história contada no primeiro encontro: Efervescência do comprimido

Solicita-se que o estudante retome a explicação que ele elaborou no primeiro dia e a compare com explicações dadas por outros estudantes (contra sugestão).

Em seguida, a equação que representa a reação química é exposta e solicita-se que ele avalie qual das hipóteses anteriores melhor explica, ou está mais próxima do que a equação está representando.

A efervescência é causada pelo dióxido de carbono (CO_2) produzido na reação do hidrogeno carbonato de sódio (NaHCO_3) com algum ácido contido no comprimido, geralmente o ácido cítrico ($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$). Nesse caso, há formação do dihidrogenocitrato de sódio ($\text{NaH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), como mostra a equação balanceada abaixo:



Como próxima etapa, coloca-se um comprimido antiácido em água para análise e retomada das duas últimas perguntas realizadas na atividade anterior, agora para esse caso:

- Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos? Explique.
- Compare as informações presentes na equação química (nível simbólico) com o que você percebe quando observa a efervescência do comprimido na água (nível macroscópico), e indique as semelhanças e diferenças.

Etapa 4

Atividades

E4A1- Espaço para questionamentos ou exposição de ideias relacionadas ao encontro anterior

Para iniciar o encontro, a professora pergunta ao estudante se ele tem alguma dúvida ou consideração a fazer a respeito do encontro anterior, assim, o estabelecimento do diálogo depende da motivação do estudante em compartilhar suas ideias ou questões.

E4A2- Análise de uma animação oportunizada por softwares computacionais onde é apresentada uma representação a nível submicroscópico para uma reação química

A animação⁴ utilizada foi desenvolvida pelo LENAQ da UFSCar para o estudo do equilíbrio químico, no entanto para os objetivos desta atividade apenas a parte inicial da animação foi usada. O vídeo mostra duas formas de abordagem, a macroscópica e a submicroscópica, para o processo de decomposição do carbonato de cálcio, propondo a decomposição em duas situações diferentes, em recipiente aberto e em recipiente fechado, comparando as massas iniciais e finais nos dois processos, e destacando a liberação do CO₂ em ambiente aberto e a reversibilidade da reação em ambiente fechado.

A partir da animação, propõe-se o debate entre professora e estudante sobre a interação entre os reagentes e também entre os produtos, com a análise sobre a possibilidade de reversibilidade das reações químicas. Busca-se destacar nessa etapa, a reorganização dos átomos com formação de diferentes substâncias durante as reações químicas.

E4A3- Atividade experimental: Dissolução de uma colher de açúcar em um copo com água

Como primeiro passo, o estudante é convidado a medir as massas do açúcar, do copo com água, e em seguida realizar a dissolução, para então, efetuar a medida da massa do sistema copo+água+açúcar. Espera-se que ele compare os resultados encontrados e proponha uma explicação.

Depois da dissolução, as seguintes questões são apresentadas:

- a) Na sua opinião, há diferença entre essa situação e a reação química apresentada na animação da atividade anterior? Explique.
- b) Represente, de forma escrita, o processo de dissolução.

⁴ <http://www.youtube.com/watch?v=fX9d4XbAMRU>

c) Como você representaria o processo de dissolução do açúcar em água no nível submicroscópico?

E4A4- Atividade experimental: Utilizar cloreto de bário com carbonato de sódio para realizar uma reação de precipitação

Inicia-se pelas medidas das massas dos dois reagentes, e após a reação, efetua-se novamente a medida das massas, para que então o estudante possa responder:

Compare os resultados obtidos nas medidas das massas dessa reação com os resultados obtidos nas medidas das massas da dissolução do açúcar em água. A que conclusões você chega?

Após a reação, ele receberá as seguintes perguntas:

Dada a equação que representa a reação que você recém realizou:



Explique;

- Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos? Explique.
- A partir das informações da equação química, você teria como identificar qual é a fórmula química que representa o composto branco formado? Justifique.
- Por que essa é uma situação que pode ser considerada uma reação química?

3.3 Caminhos Metodológicos

Conforme já especificado no início desta tese, este trabalho constitui-se como uma investigação qualitativa, caracterizada como estudo de caso (LÜDKE e ANDRÉ, 1986; LEÓN y MONTERO, 2003). Serão apresentados resultados coletados em encontros individuais realizados com quatro estudantes do primeiro ano do ensino médio (identificados por pseudônimos para preservar suas identidades) de uma Escola Estadual de Porto Alegre – RS, voluntários, com idades entre 14 e 16 anos, que manifestarão por escrito a disponibilidade em participar da pesquisa, conforme termo de consentimento assinado por seus responsáveis (apêndice 2).

A proposta curricular da escola apresenta, nos objetivos específicos para o primeiro ano do ensino médio, na disciplina de química, situar a química como ciência e discutir o que é científico; estabelecer relações entre a observação dos fatos e a proposição de teorias; conhecer os conceitos que regem as diversas tabelas e gráficos; compreender como as propriedades das substâncias interferem sobre sua pureza e utilização; reconhecer e classificar as substâncias; e utilizar as leis para a resolução de problemas quantitativos das reações. Como conteúdos a serem desenvolvidos durante o primeiro ano estão: introdução ao estudo da química; a matéria e suas propriedades;

estrutura atômica, classificação periódica dos elementos; ligações químicas, número de oxidação; e funções inorgânicas.

Os estudantes foram indicados por seus professores por serem dedicados e terem um bom desempenho escolar na disciplina de química, conforme critério já descrito no segundo capítulo (HERRON, 1975).

Os encontros individuais, com tempo de duração que variou entre quarenta e sessenta minutos, ocorreram durante o mês de novembro de 2013, e foram gravados em áudio e posteriormente transcritos. Os estudantes voluntários produziram materiais escritos que também foram considerados objeto de análise de dados.

A totalidade do processo envolveu três fases:

I. Inicialmente, cada estudante respondeu um questionário (pré-teste), objetivando-se conhecer como eles compreendem situações que serão objeto de estudo durante o desenvolvimento da PEA (apêndice 3).

II. Em seguida, os estudantes participaram das quatro etapas de estudos propostas pela PEA.

III. Para finalizar, outro questionário (pós-teste) foi respondido por cada um dos estudantes. As questões do pós-teste apresentavam os mesmos objetivos das do pré-teste (apêndice 3).

Para o pré-teste e pós-teste foram utilizados questionários de múltipla escolha desenvolvidos por Pozo e Gómez Crespo (2008, 2009) durante suas investigações e, também questões elaboradas a partir dos conhecimentos obtidos com os resultados das etapas anteriores da presente pesquisa. Os questionários têm onze questões envolvendo situações fundamentadas nos dois núcleos conceituais (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009) que foram objeto de estudo durante o desenvolvimento da Proposta de Ensino e Aprendizagem.

A metodologia utilizada para análise dos resultados obtidos com o desenvolvimento da PEA foi a análise de conteúdo (BARDIN, 2009). O corpus da análise é composto pelas transcrições dos diálogos entre professora e estudante, pelo material escrito produzido pelos estudantes durante os quatro encontros, e ainda, pelas respostas dos pré e pós-testes. Dessa forma, partes dos diálogos e explicações elaboradas de forma escrita foram isoladas (inventário) e organizadas como unidades de registro para classificação e categorização. As unidades de registro foram classificadas em três categorias estruturadas a partir do objetivo principal da pesquisa, de modo a permitir a análise das construções realizadas pelos estudantes a partir das condições oportunizadas pela PEA. Cada categoria apresenta subcategorias utilizadas para organizar as unidades de registro de acordo com os principais conceitos abordados:

- Categoria 1 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo a partir das propriedades macroscópicas da matéria – unidades que mostram indícios

perceptivos como fonte de representação para explicar os fatos. Nesse caso, os estudantes fundamentam suas explicações nas características do nível macroscópico e assim, apresentam compreensões em que desconsideram a matéria como algo descontínuo e a conservação das propriedades não observáveis da matéria. Além disso, não conhecem ou não compreendem as características das transformações químicas e físicas e as possibilidades de interpretação oportunizadas pelas representações a nível simbólico e/ou submicroscópico.

- Categoria 2 - Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo por meio de um misto de ideias entre o modelo pautado no que é perceptível (nível macroscópico) e o modelo corpuscular da matéria e/ou a conservação das propriedades não observáveis (níveis simbólico e/ou submicroscópico) - os estudantes tentam elaborar explicações que ultrapassem as características dos indícios perceptíveis, ou seja, buscam utilizar os níveis simbólico e/ou submicroscópico nos diálogos e/ou nas respostas escritas, no entanto, apresentam confusões que são consideradas “erros conceituais” pois dificultam a compreensão da matéria como algo descontínuo e/ou a conservação das propriedades não observáveis.
- Categoria 3 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo utilizando o modelo corpuscular da matéria e a conservação das propriedades não observáveis, diferenciando os níveis de representação simbólico, submicroscópico e macroscópico - Os estudantes conseguem utilizar as informações oportunizadas pelas representações a nível simbólico e/ou submicroscópico, para além do perceptível (macroscópico), apresentando ideias que mostram a compreensão da matéria como algo descontínuo, e analisando as situações tendo a conservação de propriedades não observáveis como critério.

Para avaliar a adequação das unidades de registro em cada uma das categorias, inicialmente foi realizada a categorização da metade das amostras por dois professores-pesquisadores de química, e posteriormente os resultados foram comparados para determinação da categorização final.

3.4 Análise dos Resultados

Os resultados serão expostos de duas formas diferentes:

- **Caso a caso:** análise com maior nível de detalhamento, constituída pelas unidades de registro pertencentes a cada categoria. Optou-se por utilizar subcategorias correspondentes aos principais conceitos estudados durante o desenvolvimento da PEA com o intuito de facilitar a apresentação dos resultados

- **Subcategorias:** compilação das explicações dos estudantes em quadros correspondentes às subcategorias, para uma visualização geral dos caminhos percorridos por cada um dos estudantes. Contando ainda com os resultados do pré-teste e pós-teste.

3.4.1 – Caso a Caso

Caso Bento

Categoria 1 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo a partir das propriedades macroscópicas da matéria

Reação química e mudança de estado físico

Nos diálogos da atividade com a história de Maria Clara o estudante mostra que não tem um modelo representacional que ultrapasse o que é percebido para a ebulição, apenas “se está muito quente= ferver, se ferveu=formação de bolhas”. A contra sugestão, que apresenta ideias de outros estudantes, também com uma abordagem macroscópica, permite perceber que para o estudante a conservação ou não conservação da substância durante a transformação física não é critério de análise para o processo (fato que possivelmente está relacionado com a não compreensão dessa característica das transformações físicas, diferentemente das transformações químicas).

E1A1 - *(Bento) são diferentes as bolhas, eu acho que não é a mesma coisa, uma é por que a água está muito quente e outro sei lá. Não sei. (P) no fato do comprimido, você nunca tinha pensado nisso? (Bento) não, nunca pensei, mas pra mim é diferente. (P) vamos trabalhar um fato por vez, vamos deixar essa situação do comprimido para um outro dia, e hoje vamos nos deter mais no fato da panela com água fervendo. Então você acha que a formação das bolhas acontece por que a água fica quente? (Bento) por que ferve! (P) e o que tu acha que são essas bolhas? (Bento) [silêncio] não sei! (P) essa história já foi contada para outros estudantes com a mesma idade que a sua e são muitas as diferentes explicações que são elaboradas por eles, eu vou falar das três que mais aparecem e aí você pode pensar sobre isso, você não tem nenhuma hipótese? (Bento) não. (P) a ideia é que você pense sobre elas e pense se há uma delas que você acha mais apropriada para explicar essa situação. Bom, um grupo de estudantes acredita que com o aquecimento da água se decompõe em gás hidrogênio e gás oxigênio, então as bolhas seriam esses dois gases liberados. Outros acham que o ar que está dentro da água é liberado com o aquecimento, então as bolhas seriam de ar. E um terceiro grupo de estudantes acredita que a água líquida, ao ser aquecida, se transformou em água gasosa, e que as bolhas são água no estado gasoso. Na tua opinião tem alguma resposta que tem mais lógica? (Bento) eu acho que é a primeira. (P) então as bolhas seriam os dois gases. (Bento) é, ou a que a água se transforma em gás. (P) seria água gasosa. (Bento) é.*

Quando a reação química apresentada na história da Maria Clara, já no terceiro encontro, Bento explica que a formação de bolhas é resultado de uma “propriedade do comprimido”, ou seja, sempre que o comprimido é colocado em água ele muda de estado físico.

E3A3- *(P) agora vamos pensar um pouco no fato do comprimido efervescente, eu lembro que você disse “eu não sei o que pode ter acontecido”, e agora, você tem alguma ideia sobre por que forma aquelas bolhas? (Bento) parecido, acho que é por causa do jeito dele ser, que quando coloca na água o comprimido com a água e muda o estado dele. (P) então você acha que ao colocar o comprimido em contato com a água ele muda de estado físico e passa para o*

gasoso, então as bolhas tem a mesma composição que o comprimido, houve uma mudança de estado físico? (Bento)[silêncio] (P)eu estou perguntando para te ajudar a pensar em como eu entendi. (Bento) é, acho que pode ser!

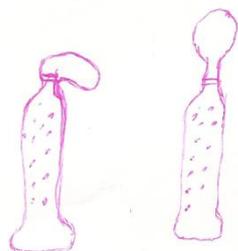
Durante a segunda atividade do terceiro encontro, ao comparar a reação química com o ciclo da água na natureza, Bento explica que durante a mudança de estado físico a água reage com a energia. Indiferenciação entre reação química e mudança de estado físico, além disso, a energia como reagente.

E3A2 - (Bento) na B não é igual, mas é parecido! (P) por quê? (Bento) por que pra virar gás ele tem uma reação com alguma outra substância da energia. (P) a energia é uma outra substância? (Bento) tipo! (P) por ele ter recebido calor? (Bento) é. (P) mas tu acha que se a energia tivesse uma fórmula, fosse uma substância eu não teria que representar assim como as outras? (Bento) não sei!

Variação do volume ocupado pelo ar em função da variação de temperatura.

Bento acredita que, com o aquecimento, todo o ar que estava na garrafa tenha se deslocado para o balão, explicação já foi encontrada nas pesquisas de Benlloch (1997), e que, segundo essa autora, indica que o ar está sendo analisado com características de deslocamento como as percebidas nos materiais sólidos.

E1A3 - (Bento) foi o ar que foi pro balão. (P) a tua explicação é de que o ar que estava dentro da garrafa foi para o balão? (Bento)por causa da água quente! (P)tu disse que o ar sai da garrafa e vai para o balão? (Bento)sim. (P)e a garrafa fica vazia? (Bento) fica só com as gotículas de água. (P) Então, o ar que estava na garrafa foi para o balão e dentro da garrafa ficaram apenas as gotículas de água. Você poderia desenhar como você percebe isso?



Desenho do Estudante Bento

Dissolução de um sólido em um líquido

Considerando as pesquisas anteriores, em que muitos estudantes da mesma série do ensino médio caracterizavam a dissolução como uma reação química, na E4A3 inicialmente buscou-se conhecer como o estudante Bento explicava o processo de dissolução, para isso, a primeira pergunta solicita uma comparação entre a dissolução e uma reação química, da atividade anterior, representada em um nível submicroscópico, objetivando criar condições para que o estudante elabore um modelo submicroscópico também para a dissolução. No entanto, Bento fala especificamente sobre o que é perceptível aos seus sentidos.

E4A3- (P) na sua opinião, há diferença entre essa situação e a situação mostrada na animação? Você já pensou sobre o processo de dissolução? (Bento) parece que não muda nada. (P) então tu continuas tendo água e açúcar? Não aconteceu a produção de alguma substância nova?

(Bento) sei lá pode ter mudado o gosto. (P) vamos retomar a pergunta, há diferença entre essa situação de dissolução e a situação apresentada na animação que representa uma reação química? Você estava me dizendo que sim, por que aqui continua tendo água e açúcar e não houve a produção de novas substâncias. (Bento) é o que parece!

Categoria 2 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo por meio de um misto de ideias entre o modelo pautado no que é perceptível (nível macroscópico) e o modelo corpuscular da matéria e/ou a conservação das propriedades não observáveis (níveis simbólico e/ou submicroscópico)

Variação do volume em função da variação da pressão

Com o propósito de que o estudante utilizasse informações do modelo cinético corpuscular da matéria, recém apresentado e explicado na atividade anterior, a professora solicita que ele proponha uma explicação para como estariam as partículas de propano dentro do botijão (com pressão maior que a pressão atmosférica). Percebe-se que a falta de compreensão sobre a diferença de pressão entre o botijão e o ambiente externo, ou mesmo, sobre o conceito “pressão”, pode ter dificultado a interpretação da situação por parte do estudante. Assim, a professora fornece informações, e ele elabora uma hipótese considerando o modelo em que há espaços vazios entre as partículas.

E2A3- *(P) a partir desse modelo, como tu imagina que estão essas partículas de propano dentro do botijão? (Bento) [silêncio] (P) Elas estão sob pressão! Como você entende a ação da pressão?(Bento) Uma coisa empurrando, uma coisa apertando. (P) Então tu tens um gás que é pressionado para ser colocado dentro desse recipiente, no caso o botijão, o que acontece com as partículas quando elas são pressionadas? Para que eu consiga fazer com que elas caibam em um espaço, volume, menor?(Bento) Ficam mais juntas!*

Reação química e mudança de estado físico

As respostas escritas elaboradas por Bento, ao participar da segunda atividade do terceiro encontro, são resultado das sínteses por ele elaboradas durante um longo diálogo entre ele e a professora. Dessa forma, o estudante mostra que consegue reconhecer os estados físicos das substâncias envolvidas na reação química, bem como contabilizar a conservação no número de átomos. Ele diferencia a combustão do propano da mudança de estado físico, todavia sua explicação permite diversas interpretações, como por exemplo, ele pode ter como critério de diferenciação a informação de que nesta reação química todas as substâncias estão no estado gasoso e em uma transformação física há mudança de estado físico durante o processo. Também deixa evidente que o que é perceptível pelos sentidos durante uma combustão é distinto das informações oportunizadas por uma equação química.

E3A2-

Combustão do Propano:



a) quais são os reagentes? E produtos? Identifique os estados físicos de cada um deles.

Todos são gases

b) esse processo pode ser considerado idêntico aos representados quando analisamos o ciclo da água na natureza? Justifique.

Semelhança: é de que nos dois tem um processo de antes e depois

c) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos?

Explique. Não porque, no reagente: C₃, H₈, O₁₀

Produtos: C₃, H₈, O₁₀

d) compare as informações presentes na equação química (nível representacional) com o que você percebe quando observa a combustão de um gás (nível macroscópico), como o gás de cozinha por exemplo, e indique as semelhanças e diferenças.

Não tem semelhança

b) Diferença: é que em uma tem uma reação química e na outra muda o estado físico.

A seguir é apresentada uma unidade de registro que permite evidenciar qual é a compreensão do estudante a respeito da representação simbólica para uma reação química e para outras situações de aprendizagem que ele está vivenciando nas aulas de química.

E3A2- (Bento) Essa última aqui é pra pensar na queima e comparar com o quê? (P) Com a representação que é a equação. Olhando para a equação, você tem como pensar no processo que você enxerga da combustão? Por que essa equação representa a combustão do propano? (Bento) Por que eles fizeram assim! [risos] (P) Eu imagino que essa linguagem é nova pra você, que você nunca tinha analisado uma equação dessa forma, como nós estamos fazendo hoje? (Bento) Não, a única coisa que eu sabia é que quando fazia a ligação do hidrogênio com o oxigênio, daí ficava H₂O eu falava que H₂O era água, a fórmula da água! (P) Mas assim como processo, com reagentes e produtos? (Bento) Não! (P) Então, se eu colocasse uma equação como essa pra ti e perguntasse explica o que isso significa, você iria responder o que? (Bento) Uma conta de matemática!

Após a contra sugestão realizada na terceira atividade do terceiro encontro, quando a história da Maria Clara foi retomada, três ideias de outros estudantes foram apresentadas ao estudante Bento, em seguida, a professora solicitou que ele analisasse a equação química que representava o processo em questão para então verificar qual das hipóteses era mais adequada para explicá-lo. Nesse momento, o

estudante precisava avaliar uma ideia a nível macroscópico comparando-a com as informações oportunizadas pela equação química (nível simbólico). Durante o diálogo o estudante mostra algumas confusões que são problematizadas pela professora. Ele confunde a conservação dos átomos com a conservação das substâncias, inicialmente não identifica as bolhas como uma substância no estado gasoso (representado pela equação química) e caracteriza a reação química como “uma transformação diferente” ao elaborar seu conceito para a conservação do número de átomos no processo.

E3A3 – (P) O que você acha? (Bento) A produção de uma nova substância. É essa. (P) Eu vou mostrar pra você a equação que representa esse processo do comprimido efervescente [...] você falou que a terceira explicação é a que você considera válida, então, olhando para a equação, você continua considerando ela válida? (Bento) Não, não tem nada novo aqui! (P) Não tem nada novo. OK, e o CO_2 já estava presente nos reagentes? (Bento) [OLHA PARA A EQUAÇÃO] Não, então mudou! (P) Você tinha antes nos reagentes essas três substâncias, o H_2O ? (Bento) Exatamente como ela está aí não! (P) O que você tinha eram os mesmos átomos. (Bento) É os mesmos átomos. (P) Só que eles estão organizados de forma diferente, como no exemplo da combustão do propano, você tinha C, H e O nos reagentes e nos produtos, mas as substâncias eram diferentes. (Bento) Então forma novas substâncias! [UM COMPRIMIDO EFERVESCENTE É COLOCADO EM ÁGUA PARA SER OBSERVADO PELO ESTUDANTE] (P) Essa bolhas que você está vendo seria qual dos produtos formados? (Bento) [silêncio] (P) Você tem três substâncias como produtos! Qual você acha que são as bolhas? (Bento) [INDICA O DIHIDROGENOCITRATO DE SÓDIO]. (P) O que são as bolhas pra você? Em que estado físico a substância está para nós vermos como bolha? (Bento) Um gás! (P) E então! (Bento) é esse! [INDICA O CO_2]. (P) E eu volto a perguntar, essas bolhas têm a mesma composição que as bolhas da panela? (Bento) Não. (P) Por quê? (Bento) Lá é H_2O gasoso e aqui é CO_2 gasoso. (P) Assim nós respondemos a pergunta inicial da Maria Clara. (Bento) Não são as mesmas bolhas, o estado físico é o mesmo, mas não é a mesma substâncias. (P) E agora, você poderia verificar se o número de átomos nos reagentes e nos produtos é o mesmo? [ESTUDANTE PASSA A CONTAR] (Bento) não mudou! Está igual! (P) Então nós chegamos a uma "lei" da química de que [O ESTUDANTE INTERROMPE E FALA] (Bento) mesmo sendo uma transformação diferente o número de átomos é sempre o mesmo!

Categoria 3 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo utilizando o modelo corpuscular da matéria e a conservação das propriedades não observáveis, diferenciando os níveis de representação simbólico, submicroscópico e macroscópico

A Variação do volume ocupado pelo ar em função da variação da temperatura

Logo após a explicação do modelo cinético corpuscular da matéria, na E2A2, a professora solicitou que o estudante reelaborasse sua explicação para a última atividade do encontro anterior, e ele apresenta um esclarecimento em relação à compreensão do por que há um aumento do volume ocupado pelo ar, pautado em um modelo que considera a descontinuidade da matéria, contemplando a existência de espaços vazios entre as partículas, em um nível de percepção que o macroscópico não permite explicar.

E2A2- (Bento) Por isso que expande! (P) Então a partir da compreensão desse modelo eu queria

que você pensasse na situação da garrafa, o que você acha, o ar saiu da garrafa e foi todo para o balão? (Bento) Não, só a distância entre as partículas fica maior, e ele precisa de mais volume e vai para o balão! (P) Se nós não tivéssemos colocado o balão na boca da garrafa, nós perceberíamos esse fenômeno acontecendo? (Bento) Não, por que a gente não enxerga.

Variação do volume em função da variação da pressão

Ao analisar os desenhos supostamente elaborados por outros estudantes para representar submicroscopicamente a variação do volume do ar em função da variação da pressão, o estudante utiliza o modelo cinético corpuscular estudado e opta pela opção considerada cientificamente correta.

E2A4 - (Bento) Ah, elas vão ficar mais juntas! (P) O que eu quero que você analise é se os dois desenhos mostram representações iguais ou distintas. (Bento) Eu acho que estão representadas da mesma forma! (P)[silêncio] (Bento) Aah, mas esse fez elas maiores antes. (P) Então tu vai analisar as duas representações e colocar sua opinião sobre os desenhos, e se quiser fazer um terceiro desenho, ou apenas avaliar esses dois desenhos também, você que sabe. (Bento) Agora aqui olhando eu acho que a segunda está certa.

Analise e escreva sua avaliação a respeito dos desenhos elaborados por dois estudantes do ensino médio.

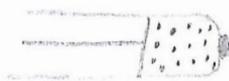
Esses desenhos representam como eles entendem, a partir de um modelo submicroscópico, o que acontece com as partículas que compõem o ar quando elas são pressionadas dentro de uma seringa que está com a ponta fechada, ou seja, o ar não pode sair da seringa.

Estudante 1

Antes



Depois

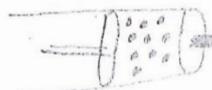


Estudante 2

Antes



Depois



Eu concordo com o estudante dois
por que a que muda é o espaço entre
elas e não o tamanho.

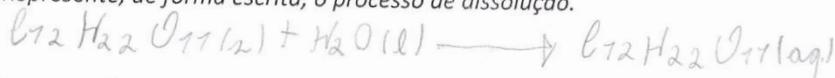
Dissolução de um sólido em um líquido

Ao elaborar respostas de forma escrita, após o diálogo com a professora na atividade em que a dissolução de açúcar em água foi realizada, o estudante opta pelo nível simbólico para representar o processo, situação que mostra uma mudança na compreensão em relação às ideias inicialmente apresentadas (classificadas na primeira categoria), além disso, ele consegue elaborar um modelo submicroscópico representando em um desenho as diferentes substâncias envolvidas misturadas.

E4A3 - (Bento) E a representação de forma escrita? (P) Você vai escrever da forma que achar melhor, escrevendo literalmente sacarose mais água ou pode utilizar a fórmula química que eu te mostrei anteriormente, da sacarose, para representar o açúcar. (Bento) Mas e qual é melhor? (P) Você deve escolher o que considera melhor para representar (Bento) Então vou usar a fórmula! (P) Agora imagina isso no nível submicroscópico, que é a pergunta da próxima questão, como você representaria isso? (Bento)[silêncio] (P) Imagina antes de misturar, como você representaria as partículas de água? E as partículas de sacarose? E depois? (Bento) Umas vão ocupar os espaços livres entre as outras.

a) Na sua opinião, há diferença entre essa situação e a reação química apresentada na animação da atividade anterior? Explique. *Sim. Na animação a formação de novas substâncias e aqui não teve.*

b) Represente, de forma escrita, o processo de dissolução.



c) Como você representaria o processo de dissolução do açúcar em água no nível submicroscópico?



Reação química e mudança de estado físico

Na última atividade do último encontro, Bento consegue relacionar informações representadas a nível simbólico com o que ele percebe a nível macroscópico. Também conclui que há conservação da massa tanto na reação química quanto na dissolução, ideias que ele não conseguia apresentar anteriormente.

E4A4- (P) Houve a formação de um sólido e o que aconteceu com a massa? (Bento) é a mesma antes e depois. (P) Então vamos tentar responder as questões que estão aqui: primeiro compare as medidas das massas obtidas no processo de dissolução e nesse processo, a que conclusão você chega? (Bento) Que mesmo sendo sólido a massa não mudou (P) e no caso anterior? (Bento) Também não muda (P) Então a dissolução e a reação química são processos diferentes, mas em ambos os processos o que acontece? (Bento) A massa não muda. Posso responder a B já? (P) Claro, você acha que há diferença no número de átomos dos reagentes e dos produtos? (Bento) Acho que não, eu nem preciso contar, eu já sei (P) Por que você acha que

não muda? (Bento) Por que isso aqui é uma reação e a gente viu antes que não muda. (P) E na próxima, pela equação você tem como identificar qual é o sólido branco que você está vendo aqui ao olhar para a equação que está escrita aí? (Bento) Eu não sei! (P) Olha para a equação, quantos produtos você vê? (Bento) Ah tá é esse aqui! (P) por quê? (Bento) Por que tem o sólido do lado dele.

Atividade experimental: Utilizar cloreto de bário com carbonato de sódio para realizar uma reação de precipitação.

Compare os resultados obtidos nas medidas das massas dessa reação com os resultados obtidos nas medidas das massas da dissolução do açúcar em água. A que conclusões você chega?

Mesmo sendo duas reações diferentes a quantidade de massa não muda.

Dada a equação que representa a reação que você recém realizou:



Explique;

a) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos?

Explique. *Não, porque isso é uma regra.*

b) A partir das informações da equação química, você teria como identificar qual é a fórmula química que representa o composto branco formado? Justifique.

Sim, porque que o BaCO_3 é sólido.

c) Por que essa é uma situação que pode ser considerada uma reação química?

Porque forma duas novas substâncias.

Caso Laura

Categoria 1 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo a partir das propriedades macroscópicas da matéria

Reação química e mudança de estado físico

As hipóteses da estudante Laura são a formação de bolhas como resultado da dissolução do comprimido em água no fato 1 e a mudança de estado da água no fato 2. Porém a continuação do diálogo mostra que a estudante não sabe explicar o que seria a mudança de estado físico.

E1A1 - (P) Você tem alguma ideia? (Laura) Eu acho que o que a mãe dela toma pode ter criado as bolhas pelo que ele contém, pela fabricação, pela composição do comprimido, aí quando dissolve na água, cria bolhas. (P) E no caso da panela? (Laura) Por que ela mudou de estado, ela estava gelada e vai aquecer, é acho que é isso. (P) Que estado, esses estados você estudou em ciências? (Laura) É eu estudei, mas eu não lembro. [CONTRA-SUGESTÃO] O que você acha dessas respostas? Já tinha ouvido alguma coisa parecida? (Laura) Não, não tinha, eu continuo achando que é a mudança de estado físico!

Ao retomar os fatos da história contada no primeiro encontro, objetivando refletir sobre o fato 1 (bolhas do comprimido efervescente) a estudante Laura relata sua dificuldade para analisar situações envolvendo substâncias em diferentes estados físicos em função da não percepção das diferenças no nível macroscópico. Ela apresenta uma resistência em explicitar suas ideias, preferindo não expor o que está

pensando e opta por respostas curtas sem justificá-las, o que dificulta a problematização por parte da professora.

E3A3- (P) Agora nos vamos retomar o fato 1 da história da Maria Clara que nós ainda não analisamos, a situação do comprimido efervescente, lembra? (Laura) Ahã. (P) Nós já discutimos algumas coisas que nos ajudaram a pensar na situação da panela, você lembra de que eram compostas aquelas bolhas da panela? Ficou com dúvidas em relação a isso? (Laura) Não, a única coisa é que na hora assim de entender de líquido pra gasoso, de gasoso para líquido. (P) Como assim, você não sabe como chamar os processos de transformação de estado físico? Não sabe se é ebulição, fusão, condensação? (Laura) Não, é como eu posso dizer [silêncio]. (P) Identificar o estado físico, se é líquido ou se é gás? (Laura) É! (P) Isso é por que visualmente tem algumas situações que nós não conseguimos perceber mesmo, como é o caso da H_2O presente no ar, mas já dentro da água da panela você percebe as bolhas sendo formadas e indo do fundo da panela a superfície da panela, passando pelo líquido, nesse caso nós percebemos, é parecido com o gás que é colocado nos refrigerantes, nós percebemos o gás, por que forma uma mistura heterogênea, em que o gás é perceptível. E no caso do comprimido efervescente, você lembra qual foi a tua explicação? (Laura) Não. (P) a MC falava que ela queria saber do que eram feitas essas bolhas, se elas eram iguais nos dois fatos, se tinham a mesma composição, então o que você acha hoje? (Laura) Seria uma reação química! (P) Uma reação química que produz aquelas bolhas? (Laura) É, mas eu estou bem em dúvida. (P) Então eu vou apresentar algumas respostas dadas por outros estudantes que tem a mesma idade que você e que também elaboraram respostas para essa mesma pergunta. [CONTRA SUGESTÃO]. A ideia não é a de adivinhar a resposta certa, mas você pode dar a sua opinião, olha essa equação que mostra o processo na representação do simbólico, o que você entende, qual das respostas é mais adequada para explicar esse processo? (Laura)[silêncio] (P) É uma mudança de estado físico? (Laura) não, acho que não! O que é esse aq? (P) o aq representa que essa substância está dissolvida em água, assim como nós usamos g para gás, l para líquido, s para sólido, o aq representa dissolvido em água! Por exemplo quando eu tenho $NaCl_{(s)}$ eu tenho sal sólido e puro, quando eu represento $NaCl_{(aq)}$ significa que esse sal está dissolvido em água, e aí, por que você acha que não é uma mudança de estado físico? (Laura) [silêncio]. (P) Olha, por exemplo, a representação de uma mudança de estado físico $[H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}]$ temos a mesma substância antes e depois mas em diferentes estados físicos. E aqui você tem as mesmas substâncias nos reagentes e nos produtos? (Laura) Não! (P) E para a ideia de que o gás estava preso dentro do comprimido e apenas foi liberado? (Laura) [silêncio] (P) Olha para a equação, você vê gás antes e depois, há um mesmo gás nos reagentes e nos produtos? (Laura) Não! (P) Então se ele tivesse sido apenas liberado, isso indicaria que ele já existia, e deveria ser uma das substâncias presentes também nos reagentes, certo? (Laura) Sim! (P) e para a última hipótese, a equação mostra que realmente as substâncias reagentes, que são diferentes dos produtos, interagiram e que essa interação em meio aquoso, produziu essas outras três substâncias.

Variação do volume em função da temperatura

A estudante Laura acredita que para o ar sair da garrafa e ir para o balão ele precisa mudar de estado, e essa informação parece estar atrelada ao entendimento de

que sempre que houver aquecimento haverá mudança de estado. Em seu desenho Laura apresenta representações diferentes para o ar na temperatura ambiente e o “ar quente”.

E1A3- (Laura) A garrafa não está vazia, ela tem ar, então quando coloca o balão na garrafa e a coloca na água quente, isso vai fazer com que ela mude de estado, mesmo se não tem como entrar a água na garrafa e isso vai fazer com que o ar suba e enchendo o balão, acho que é isso. (P) Então você pode fazer um desenho com o antes e o depois do procedimento (Laura) No caso pode ser a garrafa vazia e depois a garrafa com ar quente? (P) Faz da forma que você achar melhor, o objetivo não é ver a beleza do desenho, mas as informações que ele pode fornecer. [A PROFESSORA OLHA PARA O DESENHO E PERGUNTA] Essa representação que você faz dentro da garrafa ela representa o ar? (Laura) Sim. (P) E antes não tinha ar? (Laura) Tinha, mas não quente! (P) Ah, então essa representação é apenas para o ar quente, mas antes parece estar vazio! E esse balão representado dessa forma parece vazio, e você falou que ele tinha ar! (Laura) Ele tem pouco ar! (P) então grande parte do ar ainda continua dentro da garrafa? (Laura) Sim. (P) Mas, parece que ele tem mais do que ele tinha antes? (Laura) Sim. (P) Você disse que o ar aquecido vai para o balão, é isso? (Laura) Eu penso que sim, o ar por mudar de estado vai para o balão! (P) Ele é um gás e para qual estado ele vai? (Laura) Não ele continua no mesmo estado! [silêncio] (P) Pensa sobre isso para o nosso próximo encontro.



Desenho da estudante Laura

Dissolução de um sólido em um líquido

A estudante Laura indica a formação de uma nova substância por que açúcar e água se uniram (confusão entre misturar e reagir), e em seguida se contradiz indicando a conservação das duas substâncias no processo, o que evidencia que a compreensão da estudante a respeito das reações químicas não considera a formação de novas substâncias. Além disso, ela utiliza a formação ou não de gás e a reversibilidade (nível macroscópico) como critérios para diferenciar a dissolução e a reação química analisada anteriormente.

E4A3 - (P) Você acha que formou uma nova substância ou nós ainda temos água e açúcar no copo? (Laura) Eu acho que formou uma nova substância! (P) Por quê? (Laura) Por que eles se uniram! (P) Então você acha que eles se uniram, vamos olhar as perguntas da atividade, em uma delas solicita para fazer a representação do que aconteceu, então, no início você teria açúcar + água e depois você colocaria outra substância que é a união dos dois? (Laura) É, eu

acho. (P) Há diferença entre o que você viu na animação (reação) e o que você fez agora? (Laura) Sim, porque nesse caso eu não tenho que tirar o gás, nesse caso não perdeu, fica com as duas substâncias. (P) Não teve formação de gás, é isso? (Laura) É. (P) Então você pode ir escrevendo as ideias que você está falando. Se você olhar a representação das equações, o que mais você consegue verificar quanto aos reagentes e produtos? (Laura)[silêncio]. (P) Um tem as mesmas substâncias! (Laura) E o outro não, produziu outras, e o primeiro processo é reversível, esse aqui não.

Respostas elaboradas de forma escrita pela estudante Laura:

Dissolução de uma colher de açúcar em um copo com água.

a) Na sua opinião, há diferença entre essa situação e a reação química apresentada na animação da atividade anterior? Explique.

Na situação de açúcar com a água não teve formação de gás e não precisava

b) Represente, de forma escrita, o processo de dissolução.

Açúcar + água = açúcar aquoso.

Categoria 2 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo por meio de um misto de ideias entre o modelo pautado no que é perceptível (nível macroscópico) e o modelo corpuscular da matéria e/ou a conservação das propriedades não observáveis (níveis simbólico e/ou submicroscópico)

Variação do volume em função da variação de pressão

A estudante continua optando por não explicitar suas ideias durante o diálogo, parece não querer compartilhar o que está pensando, e a professora acaba propondo um modelo em nível submicroscópico para que ela imagine um sistema com maior pressão como é o caso do botijão contendo propano.

E2A3- (P) Utilizando esse modelo que nós acabamos de ver, como você imagina que o propano está dentro do botijão? (Laura) [silêncio]. (P) No interior do botijão a pressão é maior que a pressão atmosférica fora do botijão, ou seja, as partículas estão mais livres fora do botijão, com menor pressão, então como você imagina isso? (Laura) Não tenho a mínima ideia. (P) Então imagina as partículas do propano sob pressão atmosférica, utiliza o modelo submicroscópico e imagina isso, depois tenta imaginar elas lá dentro do botijão, você acha que elas estarão distribuídas da mesma forma? (Laura) Não [silêncio]. (P) O que é pressionar, ou aumentar a pressão? (Laura)[silêncio] Não sei. (P) Vamos pensar juntas, você tem uma distância entre as partículas que compõem o ar, na medida em que elas são colocadas dentro do botijão, vai aumentando o número de partículas, cada vez mais partículas, mas o espaço é o mesmo, então elas vão ficando cada vez mais “pressionadas”, e o que acontece com a distância entre essas partículas? (Laura) Diminui.

Reação química e mudança de estado físico

Após a apresentação da atividade por parte da professora, com as explicações sobre os objetivos da atividade, a estudante Laura responde ao questionário em silêncio, sem compartilhar dúvida, assim as confusões por ela apresentadas não são problematizadas pela professora durante a atividade. Percebe-se que ela utiliza os estados físicos das substâncias, fornecidos pela equação, como critério para diferenciar a reação e a mudança de estado físico. Além disso, a resposta da última pergunta mostra confusões conceituais entre transformações químicas e físicas.

E3A2-

Combustão do Propano:

$$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

a) quais são os reagentes? E produtos? Identifique os estados físicos de cada um deles.
 Reagentes são C_3H_8 e 5O_2 . Estado gasoso.
 Produtos são 3CO_2 e $4\text{H}_2\text{O}$.

b) esse processo pode ser considerado idêntico aos representados quando analisamos o ciclo da água na natureza? Justifique.
 Não, pois na natureza o estado físico muda de líquido para gasoso, já neste, ele permanece apenas no gasoso.

c) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos? Explique.
 Não, pois a soma dos átomos são iguais a 21, tanto nos reagentes quanto nos produtos.

d) compare as informações presentes na equação química (nível representacional) com o que você percebe quando observa a combustão de um gás (nível macroscópico), como o gás de cozinha por exemplo, e indique as semelhanças e diferenças.
 Na minha opinião, a semelhança é que nestes dois processos o gás está no estado gasoso e após queimar passa para o líquido.

A estudante apresenta confusões na interpretação do nível simbólico, adaptando-o a suas teorias implícitas, mostrando dificuldades em tomar consciência do que é diferente entre o que ela pensa e as novas informações apresentadas. Ela sabe que o número de átomos é conservado durante uma reação química, porém não consegue identificar essa informação na equação química. Como percebe a formação do precipitado, propõe que após a reação a massa total do sistema irá aumentar, além disso, não utiliza o estado físico das substâncias, informado na equação química, para avaliar qual seria o sólido formado, mas indica o NaCl que é um dos produtos e que ela conhece como um sólido branco.

E4A4- (P) O macroscópico está nos mostrando que aconteceu alguma coisa! (Laura) Eu só não sei o que. (P) Então analisa a equação, há dois reagentes e dois produtos, são as mesmas substâncias antes e depois? A fórmula química dos reagentes e dos produtos é a mesma? (Laura) Não (P) vamos ver a massa agora, o que você acha, vai ser igual, maior ou menor do que antes? (Laura) Vai ser maior (P) Por quê? (Laura) Não sei! [FAZ A MEDIDA DA MASSA!] (P) Então, vamos responder as perguntas: conforme os resultados obtidos, compare esses resultados com os da situação anterior, a que conclusões você chega? Comparando os valores de massa, a que conclusões você chega? (Laura) [silêncio]. (P) Você quer perguntar alguma coisa? Na situação da dissolução a massa inicial e a massa final são iguais? (Laura) Sim (P) e

agora, nessa reação houve conservação da massa? (Laura) Sim (P) então mesmo sendo processos diferentes houve a conservação da massa em ambos, eu gostaria que você pensasse sobre isso (Laura) [silêncio]. (Laura) Aqui é sim, por que tem que dar sempre o mesmo resultado no número de átomos! (P) Por que é o NaCl o sólido? Olha para a equação, são dois produtos, qual deles é o sólido? Inicialmente você tinha dois reagentes aquosos, e agora nos produtos? (Laura) [INDICA O CARBONATO DE BÁRIO]. (P) E aqui quando você fala da separação das partículas você quer dizer que muda a combinação entre elas? (Laura) sim.[...] (P) Você tem alguma dúvida? Gostaria de conversar sobre alguma dessas perguntas? (Laura) não! (P) não? (Laura) É eu não sei se eu entendi direito! (P) Então pergunta, o que está confuso? (Laura) não sei como perguntar! (P) Você acha que é muita informação? (Laura) Não! (P) Vamos retomar o processo, nós tínhamos dois líquidos incolores, e o rótulo dos frascos nos informavam que se tratava de cloreto de bário e carbonato de sódio, ambos aquosos, ou seja, dissolvidos em água, nós pegamos a mesma quantidade, em volume, de cada um deles, e ao misturarmos os dois percebemos, pela visão, que alguma coisa diferente aconteceu, pela formação do sólido branco, o que a equação química nos mostra é que os dois reagentes interagiram e produziram duas substâncias diferentes das iniciais, uma que é um sólido o carbonato de bário e que por ser não se dissociar em água, torna-se perceptível aos nossos olhos, e outra que é solúvel em água, ou seja, se dissolve em água, o cloreto de sódio e que é representado como aquoso, se nós representássemos esse processo no nível submicroscópico, nós representaríamos cada um dos átomos envolvidos inicialmente, interagindo e se reorganizando, e conseqüentemente, formando novas substâncias com características diferentes. (Laura) Agora eu entendi!

Respostas de Laura por escrito:

Atividade experimental: Utilizar cloreto de bário com carbonato de sódio para realizar uma reação de precipitação.

Compare os resultados obtidos nas medidas das massas dessa reação com os resultados obtidos nas medidas das massas da dissolução do açúcar em água. A que conclusões você chega?

diferentes, ~~que mesmo com processos~~ pode-se conservar a massa

Dada a equação que representa a reação que você recém realizou:



Explique;

a) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos?

Explique. Não, pois a soma dos dois resultam em 8.

b) A partir das informações da equação química, você teria como identificar qual é a fórmula química que representa o composto branco formado? Justifique.

NaCl, que seria o sal de cozinha. É fácil identificar por estar escrito na

c) Por que essa é uma situação que pode ser considerada uma reação química?

Pois há separação das partículas } produtos de fórmula

Categoria 3 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo utilizando o modelo corpuscular da matéria e a conservação das propriedades não observáveis, diferenciando os níveis de representação simbólico, submicroscópico e macroscópico

Variação do volume em função da variação de pressão

Laura consegue avaliar os desenhos da atividade proposta, considerando a matéria formada por partículas, por ela chamadas de moléculas, e a existência de espaços vazios entre essas partículas (modelo cinético corpuscular da matéria).

E2A4- (Laura) *A pressão faz com que as moléculas, se eu posso dizer, fiquem mais próximas, não muda as moléculas, e sim o espaço entre elas.*

Na minha opinião acho que a teoria dos estudantes está correta, isto é, as partículas não possuem espaço entre elas.

Dissolução de um sólido em um líquido

Ao elaborar uma representação submicroscópica, na forma de desenho, para a dissolução do açúcar em água, Laura, concebeu as partículas de açúcar e água misturadas em um modelo em que a matéria é apresentada de forma descontínua.

E4A3 –

c) Como você representaria o processo de dissolução do açúcar em água no nível submicroscópico?



Caso Leila

Categoria 1 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo a partir das propriedades macroscópicas da matéria

Reação química e mudança de estado físico

A estudante Leila interpreta os fatos da história considerando o que é perceptível pelos sentidos (nível macroscópico). Para ela, os conteúdos estudados ao longo do ensino fundamental e no início do ensino médio, em que substâncias gasosas são objeto de estudo, são desconsideradas quando o estudo dos gases é evidenciado.

E1A1- (Leila) *Esses dias minha mãe pediu para eu colocar a água para ferver, e eu perguntei exatamente isso para ela, como eu vou saber quando está fervendo? E ela disse que dava pra ver por que iria começar a sair as bolhas na água, mas sobre o comprimido eu nunca tinha parado pra pensar. (P) Você já estudou alguma coisa que falasse na formação de bolhas, de processos que envolvessem gases? (Leila) Sobre os gases não, agora nós estamos estudando os metais. (P) Hoje vamos voltar mais a nossa atenção para a situação da água na panela, o que você acha que pode ter acontecido para formar essas bolhas? (Leila) Esquentando a água ela vai modificando alguma coisa dentro dela eu acho, o ar, não sei! (P) Você não sabe exatamente o que modifica? (Leila) O fato de ferver vem do aquecimento, você aquece a água e ela vai mudando, e quanto mais quente as bolhas vão ficando maiores e se formam mais bolhas também. (P) Então se não houvesse aquecimento não teria a formação das bolhas, e tu acredita que essas bolhas são o quê? Você havia falado no ar, você acha que era ar que tinha dentro da água? (Leila) É o que eu tinha pensado que tinha ar dentro da água.[CONTRA SUGESTÃO] (P) Seriam essas 3 respostas as que mais aparecem, o que você acha? (Leila) A que fala da formação do hidrogênio e do oxigênio é a que tem mais a ver (P) A de que haveria uma decomposição da água em dois gases? (Leila) Isso!*

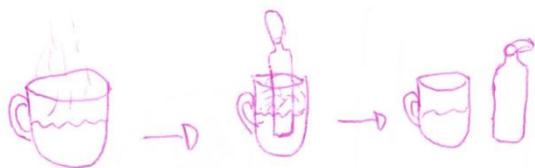
Quando a estudante Leila analisa o fato 1 da história, também concebe, a partir do que é perceptível, uma mistura como um processo onde houve reação química.

E3A3- (Leila) *Eu acho que é diferente, e ainda acho, não é uma mudança de estado, ele se mistura, é uma reação química do remédio que não forma gás (P) E essas bolhas são o quê? (Leila) É acho que é gás!*

Variação do volume em função da variação da temperatura

Tanto no diálogo com a professora quanto no desenho, a estudante Leila desconsidera o ar no interior da garrafa. Ela acredita que o vapor de água, que ela chama de “ar”, e que está perceptivelmente se movimentando de baixo para cima no recipiente com água quente onde a garrafa é colocada, entra na garrafa e enche o balão. De acordo com Benlloch (1997), neste caso o ar é considerado com características próprias de entidades físicas não materiais, e assim é capaz de atravessar a garrafa.

E1A3- (P) *Eu gostaria que você pensasse sobre o que aconteceu nesse processo. (Leila) O ar que está saindo da água vai pra dentro da garrafa. (P) Você acha que ele entra na garrafa? (Leila) Pois é, não teria como entrar! (P) Eu queria que você desenhasse o processo todo, desde o início, buscando explicar o que aconteceu na tua opinião. (Leila) Eu acho que é isso mesmo (P) Você acha que é esse vapor que está aqui? Eu não entendi direito! (Leila) O vapor que está saindo da água quente! (P) Ele entra na garrafa e infla o balão? (Leila) Acho que é! É a única coisa possível (P) Então tenta representar isso no desenho para nós reanalisarmos esse desenho no próximo encontro.*



Desenho da estudante Leila

Dissolução de um sólido em um líquido

Leila inicialmente identifica a dissolução como uma reação química, porém durante o diálogo muda de opinião ao perceber que não há formação de novas substâncias. Nas respostas de forma por escrito representa a dissolução um produto da mistura de açúcar e água.

E4A2- (P) *Aqui, o que tu acha que aconteceu? Houve uma reação química?* (Leila) *Sim!* (P) *Então não temos mais açúcar e água agora, eles interagiram e se transformaram em outra substância?* (Leila) *Não sei.* (P) *Você tinha açúcar e água, os dois foram misturados, e aí o que nós enxergamos é um líquido transparente, parece ser somente água, no macroscópico.* (Leila) *É, parece.* (P) *Mas se você beber esse líquido você percebe se tem açúcar aí dentro?* (Leila) *Sim por que o gosto seria diferente do da água.* (P) *Não seria o que você percebe pelo gosto quando tem somente água?* (Leila) *Seria mais doce.* (P) *E você acha que esse doce é o resultado da formação de outra substância?* (Leila) *Não, é somente água e açúcar.*

Respostas de Leila:

a) *Na sua opinião, há diferença entre essa situação e a reação química apresentada na animação da atividade anterior? Explique.*

Sim, pois a animação é uma reação química e a experiência foi um processo de dissolução.

b) *Represente, de forma escrita, o processo de dissolução.*

açúcar + água = dissolução

Categoria 2 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo por meio de um misto de ideias entre o modelo pautado no que é perceptível (nível macroscópico) e o modelo corpuscular da matéria e/ou a conservação das propriedades não observáveis (níveis simbólico e/ou submicroscópico)

Reação química e mudança de estado físico

A estudante compara as equações que representam a reação e a mudança de estado físico considerando os estados físicos da água que é a substância que aparece nos dois casos. Além disso, suas respostas por escrito indicam como ela compreendeu o que foi explicado e deixam evidentes algumas confusões importantes como: “o ciclo da água muda de estado”, “esse processo transforma os reagentes em produtos”, “os reagentes se reorganizam”.

E3A2- (P) Você já fez alguma atividade, já estudou as equações? (Leila) Não! (P) Na segunda você deve pensar se esse processo pode ser considerado idêntico ao processo que envolve o ciclo da água em que nós também utilizamos uma equação para representar [PROFESSORA ESCREVE: $H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$], aí você poderia comparar e falar o que você pensa. (Leila) H_2O gasoso é idêntico, mas o H_2O líquido não! (P) Você está identificando o estado físico da água? (Leila) É o estado físico da água. (P) Porque aqui tem um líquido e aqui não tem, além disso, o que mais nós podemos perceber? Você vê duas substâncias iniciais que são diferentes entre si e ainda diferentes das duas finais. (Leila)[silêncio]. (P) Na última, há semelhança com o que você percebe no macroscópico? (Leila) É, por que acontece a mesma coisa, pra ele queimar acontece a mesma coisa, só que em outra linguagem, com outros números.



- a) quais são os reagentes? E produtos? Identifique os estados físicos de cada um deles. *gasoso*
- b) esse processo pode ser considerado idêntico aos representados quando analisamos o ciclo da água na natureza? Justifique. *Não, porque o ciclo da água muda de estado e esse processo transforma os reagentes em produtos.*
- c) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos? Explique. *Não, porque nessa transformação os reagentes se reorganizam.*
- d) compare as informações presentes na equação química (nível representacional) com o que você percebe quando observa a combustão de um gás (nível macroscópico), como o gás de cozinha por exemplo, e indique as semelhanças e diferenças. *É quase que o mesmo processo, só que com números diferentes.*

Durante a elaboração das respostas de forma escrita na última atividade do último encontro, Leila mostra ideias confusas na interpretação da equação, quanto a conservação da massa e formação de novas substâncias. Ainda, para ela a formação de uma substância sólida como produto da reação é caracterizada como uma mudança de estado físico.

E4A4 - (Leila) A massa é a mesma! (P) Essa pergunta está fazendo uma relação com a dissolução, então, compare os resultados em relação às duas situações e a que conclusões você chega? (Leila) Que a massa sempre continua sendo a mesma, mesmo mudando o estado físico. (P) E na próxima, há diferença entre o número de átomos nos reagentes e nos produtos? (Leila) Deixa eu ver! [SILÊNCIO] Não! Aqui tem 8 e aqui também (P) No total? Vamos verificar (Leila) tem 9. Mas o mesmo número de átomos continua mesmo em todos eles, na reação ou na dissolução? (P) Sim, os átomos não podem sumir, há uma conservação da matéria. (Leila) No caso aqui pergunta como eu poderia explicar qual é o sólido? (P) É isso, aqui você tem a equação química, você teria como identificar qual é a fórmula química que representa o sólido branco? (Leila) Quais são os nomes que você tinha falado? (P) Cloreto de bário, carbonato de sódio, cloreto de sódio e carbonato de bário! Você não precisa decorar os nomes, a ideia é que você olhe para a equação e consiga verificar as informações que ela traz, não tem que adivinhar nada! Você percebe qual é o sólido branco? (Leila)[silêncio] (P) Há dois produtos

certo? E sabemos que o sólido é um dos produtos! (Leila) Não sei não, não faço ideia! (P) Olha a informação que tem ao lado da substância. (Leila) Ah! Viajei! Claro é esse primeiro que tem o s do lado! E essa última? (P) São dois reagentes e dois produtos, eles são iguais? (Leila) é a mesma massa! (P) Ok, mas as substâncias são as mesmas? (Leila) Não!

Compare os resultados obtidos nas medidas das massas dessa reação com os resultados obtidos nas medidas das massas da dissolução do açúcar em água. A que conclusões você chega?

De que a massa continua sempre a mesma, tanto reagindo do dissolvendo ou mudando seu estado físico.
Dada a equação que representa a reação que você recém realizou:



Explique;

a) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos?

Explique. Não, porque continua sempre o mesmo número de átomos.

b) A partir das informações da equação química, você teria como identificar qual é a fórmula química que representa o composto branco formado? Justifique.

BaCO₃, pois está no estado sólido.

c) Por que essa é uma situação que pode ser considerada uma reação química?

Porque tem dois reagentes e dois produtos diferentes.

Antes = 51,5g
Depois = 51,4g

Variação do volume em função da temperatura

A professora explica o modelo corpuscular da matéria, e no momento em que fala dos espaços vazios entre as partículas a estudante Leila percebe que esse modelo traz informações que divergem com as suas, e ao tentar reelaborar suas ideias de forma a contemplar essas informações, a estudante mostra algumas confusões conceituais:

E2A2- [QUANDO A PROFESSORA FALA DOS ESPAÇOS VAZIOS] (Leila) Entre as partículas tem ar! (P) Não são espaços vazios, o ar é formado por algumas substâncias como oxigênio, nitrogênio [...] (Leila) Quando está muito quente também eu ouvi falar que "incha a madeira", é isso então! (P) Como as partículas do sólido ganham energia na forma de calor, elas distanciam-se e ocupam mais espaço! (Leila) Eu não consigo fechar a porta de madeira quando está muito quente! (P) O nosso objetivo é de, a partir de agora, começar a pensar sobre as situações tendo por base esse modelo! (Leila) Na garrafa então o calor dele entrou por dentro desses espaços vazios que ficam entre as moléculas! (P) O que nós podemos pensar, bom, as partículas de água que estão do lado de fora da garrafa não podem passar para dentro da garrafa por que o plástico age como uma barreira que não permite isso, o que pode ser transmitida é a energia,

na forma de calor. (Leila) O ar não entrou então! (P) Já havia ar dentro da garrafa, lembra? Então o que tu acha que pode ter aquecido? (Leila) Que esquentou a garrafa e da garrafa esquentou pra dentro dela, chegando o ar quente no balão (P) E o que acontece com as partículas que compõem o ar e que recebem essa energia que foi transferida? (Leila) Elas se expandiram pelo espaço. (E) E se eu tivesse realizado a mesma atividade sem colocar o balão na boca da garrafa, nós iríamos perceber esse fenômeno que nós vimos com o balão? (Leila) Não, por que nós não iríamos saber pra onde o ar estava indo, por que não dá pra ver.

Variação do volume em função da pressão

Leila diz não conseguir pensar em um modelo para as partículas de gás propano dentro do botijão, no entanto após, no diálogo com a professora apresenta uma hipótese sobre a ação da pressão e considera os espaços vazios entre as partículas.

E2A3 - (P) Como nós poderíamos pensar em um modelo para moléculas que estão lá dentro do botijão! (Leila) Não sei como pensar isso! (P) Então vamos pensar juntas, eu vou tentar colocar dentro do botijão o maior número possível de partículas para que eu tenha mais propano para ser utilizado, isso se faz com pressão, então como tu imagina isso? (Leila) Sei lá, vou apertar bastante! (P) Então o que vai acontecer com as partículas pensando no modelo anterior? (Leila) Elas vão estar se chocando e vão ficar cada vez mais próximas umas das outras.

Categoria 3 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo utilizando o modelo corpuscular da matéria e a conservação das propriedades não observáveis, diferenciando os níveis de representação simbólico, submicroscópico e macroscópico

Variação do volume em função da variação da pressão

A análise da estudante a respeito dos desenhos mostra que ela utiliza as informações do modelo cinético corpuscular da matéria como critério para escolher qual seria a representação mais adequada.

E2A4 -

Analise e escreva sua avaliação a respeito dos desenhos elaborados por dois estudantes do ensino médio.

Esses desenhos representam como eles entendem, a partir de um modelo submicroscópico, o que acontece com as partículas que compõem o ar quando elas são pressionadas dentro de uma seringa que está com a ponta fechada, ou seja, o ar não pode sair da seringa.

Estudante 1

Antes

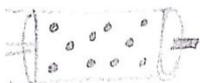


Depois



Estudante 2

Antes



Depois



O caso um está errado pois as partículas não mudam de tamanho, apenas diminuem ou aumentam o espaço entre elas. Sendo assim, o segundo caso está correto.

Reação química e mudança de estado físico

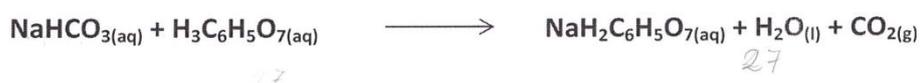
A estudante Leila havia escolhido a decomposição da água como hipótese para explicar a composição das bolhas que se formam na panela de água (fato 2) da história da Maria Clara, no entanto, na atividade seguinte, quando a professora estava explicando o ciclo da água na natureza, lançando mão do nível simbólico, a estudante consegue entender a conservação da substância durante a transformação física e reformula sua explicação para atividade anterior:

E1A2- (P) [...] o que é importante ressaltar hoje é que no nível macroscópico nós percebemos aparências diferentes para o gelo, a água líquida e a água gasosa, mas quando utilizamos a representação na forma simbólica todos são H_2O , o que muda é o que vai subscrito (s, l ou g) indicando que houve uma transformação de estado físico, mas a substância continua sendo a mesma. (Leila) Então na hora do vapor também é H_2O , no caso da panela ele não se separa, continua sendo água gasosa!

Após a contra-sugestão, a estudante consegue interpretar as informações oferecidas pela equação química para indicar que o que acontece no fato 1 da história da Maria Clara é uma reação química, identificando o gás formado durante o processo. Além disso, verifica a conservação no número de átomos.

E3A3 – (P) Aqui eu tenho a equação que representa o processo que acontece quando o comprimido é colocado na água, então eu queria que você analisasse e indicasse qual das três explicações é a mais adequada do teu ponto de vista. (Leila) É a terceira (P) Qual é o gás que tu acha que nós enxergamos e que está na equação? (Leila) Esse [INDICA O CO₂]. [COLOCA O COMPRIMIDO EM ÁGUA] (P) E agora, com essas informações, você consegue responder a pergunta da Maria Clara, esse gás produzido aqui é o mesmo gás da panela com água? (Leila) Não são diferentes! (P) O da panela é? (Leila) Água, que passou do líquido para o gasoso e esse é o CO₂ que foi produzido. (P) São gases diferentes, estão no mesmo estado físico, mas têm composições diferentes! (Leila) E o do refrigerante? (P) É o CO₂, mas ele não é produzido pelo refrigerante, ele é adicionado pela indústria durante a fabricação do refrigerante. (P) E a pergunta da segunda é pra você comparar a equação e o que você vê. (Leila) Como eu posso explicar, pela presença do gás carbônico é mais fácil de eu entender que tem gás aqui na água. (P) com isso você analisa a equação química e percebe qual é o gás presente (Leila) E também dá pra perceber que houve uma reação química.

A efervescência é causada pelo dióxido de carbono (CO₂) produzido na reação do hidrogeno carbonato de sódio (NaHCO₃) com algum ácido contido no comprimido, geralmente o ácido cítrico (H₃C₆H₅O₇). Nesse caso, há formação do dihidrogenocitrato de sódio (NaH₂C₆H₅O₇), como mostra a equação balanceada abaixo:



a) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos? Explique. Não.

b) compare as informações presentes na equação química (nível representacional) com o que você percebe quando o comprimido é colocado na água (nível macroscópico), e indique as semelhanças e diferenças.

Que é mais fácil de entender pelo fato do gás carbônico.

Dissolução de um sólido em um líquido

Ao elaborar um desenho que representa a mistura “água e açúcar”, Leila utiliza o nível submicroscópico considerando a descontinuidade da matéria e a conservação das substâncias na dissolução.

E4A3-

c) Como você representaria o processo de dissolução do açúcar em água no nível submicroscópico?



Caso Nina

Categoria 1 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo a partir das propriedades macroscópicas da matéria

Reação Química e mudança de estado

A estudante Nina indica a conservação da substância no fato em que há ebulição da água, mas utiliza as informações como verdades que ela diz ter recebido de alguém. A própria estudante diz que não sabe explicar o porquê da formação de bolhas, fato que indica memorização de dados, sem a compreensão de um modelo que permita a interpretação do sistema em níveis mais complexos de representação.

E1A1 - (Nina) *Eu acho que é algum, algum, como é a palavra? Alguma coisa que tem no comprimido que com a água vai ficar essas bolhas. E a questão da água, eu não sei quem me falou que é por que ela atinge 100º aí ela fica bem quente e começa a ferver. Mas os porquês delas formarem bolhas eu não sei. (P) Quando tu falas desses 100º e do ferver, isso nós estudamos em ciências, enfim, não sei se você já estudou isso antes, mas, o que tu achas que são essas bolhas quando chega aos 100º? (Nina) Eu acho que é água! (P) É a mesma água agora na forma de bolhas (Nina) É, é que eu nunca parei pra pensar nisso. (P) Essa mesma história já foi contada para outros estudantes, e eles elaboram diferentes respostas. Eu vou falar as três respostas mais comuns para esse caso, aí eu quero que você analise as respostas e pense sobre isso, ok? [CONTRA SUGESTÃO]. Então, essas são explicações de outros estudantes, você pode pensar sobre elas e verificar se você concorda com elas ou não, ou, se você quer reformular a sua resposta. (Nina) Eu acho ainda que é a água por que ela entrou no estado gasoso.*

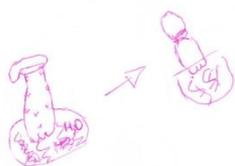
Quando a história contada no primeiro encontro é retomada pela professora para a análise do fato 1, a estudante retoma sua explicação inicial, indicando que as bolhas forma produzidas por alguma substância do comprimido em contato com a água.

E3A3 - (P) *você pensou sobre isso [formação de bolhas no fato 1 da história]? Você lembra o que você falou naquele dia? (Nina) Que era alguma substância que em contato com a água fazia sair as bolhas! (P) E essa substância tu achas que está dentro do comprimido? (Nina) Está na composição do comprimido! (P) Essas bolhas elas já existiam dentro do comprimido, ou elas foram produzidas durante o processo? (Nina) Elas foram produzidas!*

Variação do volume ocupado pelo ar em função da variação da temperatura

Para a terceira atividade do primeiro encontro a estudante Nina inicia sua explicação falando da agitação das moléculas, porém, em seguida, parece não ter argumentos para sustentar a proposição, então indica o deslocamento do “oxigênio”, e ainda busca a mudança de estado físico das gotículas de água presentes nas paredes internas da garrafa como possibilidade para explicar o fato.

E1A3- (Nina) O calor agitou as [pausa] não, não tem nada a ver [risos]. (P) Pode continuar, agitou o quê? (Nina) As moléculas da água, e aí elas [pausa] não, mas aí não tem como, ai eu não sei! (P) Mas há somente água aí dentro? (Nina) Tem oxigênio, e então ele subiu! (P) Então tu achas que esse oxigênio que você diz que está dentro da garrafa, com o aquecimento, ele subiu para o balão? (Nina) É! (P)- E ocupou o espaço no balão? (Nina) É, não sei explicar isso! (P) Após o aquecimento não tem mais oxigênio dentro da garrafa, ele foi todo para o balão? (Nina) É, ou também por que assim como quando tem uma chaleira no fogo, a água esquentada e vira vapor, aqui a água também se esquentou e virou vapor e foi para o balão, só ela não tem como ser liberada por que tem o balão na ponta. (P) Então, tu estás dizendo que essas pequenas gotículas que estavam aqui na forma líquida, nas paredes internas da garrafa, foram para o balão na forma de gás, é isso? (Nina) É. (P) Representar isso no desenho!



A água que estava dentro da garrafa, em pequenas gotículas, ao ser esquentada, virou vapor que não pôde ser liberado em função do balão. Por isso o balão ficou inflado.

Desenho e explicação da estudante Nina

Categoria 2 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo por meio de um misto de ideias entre o modelo pautado no que é perceptível (nível macroscópico) e o modelo corpuscular da matéria e/ou a conservação das propriedades não observáveis (níveis simbólico e/ou submicroscópico)

Variação do volume em função da variação da pressão

A estudante propõe um modelo para as partículas de propano dentro do botijão, considerando a diminuição do espaço entre as partículas, e faz confusões quando fala do movimento das partículas, indicando que por não receberem, nem perderem energia, elas estarão com as mesmas distâncias entre elas (temperatura).

E2A3- (P) O botijão de gás utilizado para aquecer o ar do balão de passeio estava cheio de propano, esse botijão é utilizado durante todo o vôo para servir para acender a chama caso seja necessário aquecer o ar durante o passeio, como você imagina que estão essas partículas de propano dentro do botijão? (Nina) Elas estão com menos espaços entre elas! (P)- Por que elas estão pressionadas? (Nina) É, e elas estão paradas! (P) Estão paradas? (Nina) Não, estão em movimento, mas eu quero dizer que elas não estão ganhando energia, elas continuam sempre com a mesma distância entre elas.

Reação química e mudança de estado físico

Ao organizar de forma escrita suas explicações a respeito da atividade analisada em conjunto com a professora, Nina indica a reação química como uma situação em que os reagentes se unem e formam os produtos (como uma adição).

E3A2-

Combustão do Propano:



a) quais são os reagentes? E produtos? Identifique os estados físicos de cada um deles.

Reagentes: $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g})$

Produtos: $3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

b) esse processo pode ser considerado idêntico aos representados quando analisamos o ciclo da água na natureza? Justifique.

Não, pois no ciclo da água, é apenas H_2O mudando de estado físico,

diferente deste processo no qual são dois reagentes →

c) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos?

Explique. Não. O número de átomos é sempre o mesmo, eles apenas se reorganizam.

d) compare as informações presentes na equação química (nível representacional) com o que você percebe quando observa a combustão de um gás (nível macroscópico), como o gás de cozinha por exemplo, e indique as semelhanças e diferenças. Não há semelhanças, pois nós não vemos.

Na outra página a continuação da letra b:

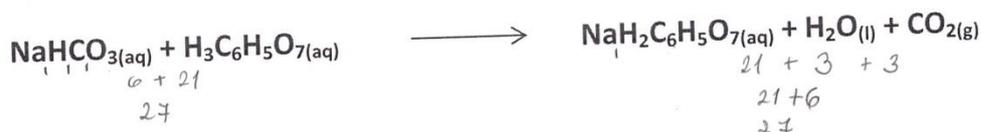
que unidos formam produtos.

Na atividade seguinte, que retomou a história da Maria Clara, após a contra sugestão, a professora solicitou que ela analise a equação química e indique a melhor explicação para o fato em análise, e ela diz que sua hipótese inicial é a resposta correta, no entanto, faz algumas confusões ao explicar o processo.

E3A3 - [CONTRA SUGESTÃO] (Nina) Acho que é a terceira, igual a que eu falei, é a mais certa, por que colocou ele dentro da água e depois tem ele, a água líquida e o gás. (P) E essa substância que está aqui, já existia antes, ela é igual a alguma das substâncias dos reagentes? (Nina) Não, foi é, juntou as duas! (P) Lembra que sempre que há reação significa que houve uma interação entre os reagentes e uma reorganização dos átomos, então esse H_2O líquido que está aqui nos produtos foi produzido, ele não estava no copo quando colocamos o comprimido. Além de produzir essa substância que ficará dissolvida na água, e por isso do lado dela está o aq de aquoso, há ainda a produção de água e dióxido de carbono, $\text{CO}_2(\text{g})$! (Nina) Gás carbônico! (P) É, eu trouxe um comprimido efervescente para nós observarmos e pensarmos um pouco mais nessa situação [COLOCA O COMPRIMIDO NA ÁGUA], qual é esse gás que está sendo liberado? (Nina) É o CO_2 ! (P) Agora eu queria que você respondesse às perguntas! (Nina) na primeira eu já sei que é igual, mas eu preciso contar? (P) acho que é

importante pra ver se você entendeu como olhar para as quantidades de átomos apresentadas na equação!

A efervescência é causada pelo dióxido de carbono (CO₂) produzido na reação do hidrogeno carbonato de sódio (NaHCO₃) com algum ácido contido no comprimido, geralmente o ácido cítrico (H₃C₆H₅O₇). Nesse caso, há formação do dihidrogenocitrato de sódio (NaH₂C₆H₅O₇), como mostra a equação balanceada abaixo:



a) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos?

Explique. *não, pois houve a conservação dos átomos apenas se modificaram.*

b) compare as informações presentes na equação química (nível representacional) com

o que você percebe quando o comprimido é colocado na água (nível macroscópico):

indique as semelhanças e diferenças. O nível representacional mostrou o bicarbonato de sódio e o ácido cítrico aquosos, que em conjunto produziram outras três substâncias. Eu acho que deu para ver bem essa representação no nível macroscópico, pois eu vi o gás (CO₂(g)) ser liberado e a água (H₂O(l)). Porém, a outra substância não pode ser observada.

Dissolução de um sólido em um líquido

Ao iniciar a atividade que envolvia a dissolução do açúcar em água, a estudante Nina propõe uma explicação para o que iria acontecer, utilizando um modelo a nível submicroscópico, e assim mostra algumas confusões como na fala “não estar adicionando nenhuma substância” que significaria a formação de novas substâncias, assim como, ao comparar a dissolução com a reação química representada na atividade anterior por uma animação.

E4A3- (P) *Eu gostaria que você anotasse as massas iniciais e finais de acordo com as medidas que nós vamos fazer utilizando a balança. (Nina) Aqui também né, os átomos só mudam de lugar, não está adicionando nenhuma substância. (P) O que você acha? Vamos discutir isso? Você acha que houve formação de alguma substância nova? (Nina) Não, a água e o açúcar que mudaram de lugar e se misturaram. (P) Eu coloquei aqui algumas perguntas: se compararmos essa situação com a abordada na animação, há diferença entre elas? (Nina) Não, não há diferença, só são as partículas mudando de posição. (P) OK, mas nesse caso da dissolução, quando as partículas são misturadas, tu tens a formação de uma nova substância? (Nina) Na dissolução não, na reação sim.*

Categoria 3 – Interpretações que descrevem os fenômenos em estudo utilizando o modelo corpuscular da matéria e a conservação das propriedades não observáveis, diferenciando os níveis de representação simbólico, submicroscópico e macroscópico

Variação do volume ocupado pelo ar em função da variação da temperatura

A estudante reformula sua explicação a respeito da expansão do ar em função do aumento da temperatura na atividade e do primeiro encontro, e parece haver uma confusão conceitual quando, inicialmente, ela fala que “as partículas foram se dividindo”, no entanto pela continuidade do diálogo é possível perceber que para ela “se dividir” foi utilizado como “se espalhando, ocupando um espaço maior”.

E2A2 - (P) agora vamos tentar pensar na garrafa! O que eu tinha dentro da garrafa? (Nina) Ar e água! (P) E o que aconteceu? (Nina) Aconteceu a mesma coisa que no balão, como ele esquentou, as partículas foram se dividindo cada vez mais, aumentou o espaço e aí o ar entrou no balão por que ele não pode ser liberado. (P) E se não tivesse o balão na boca da garrafa, nós iríamos perceber isso acontecendo? (Nina) Não ia por que a gente não pode ver. (P) O que é importante pensar é que o ar não se deslocou da garrafa para o balão, deixando a garrafa vazia, mas continua tendo ar dentro da garrafa (Nina) Só que ele ocupa um espaço maior!!!

Variação do volume em função da variação da pressão

Nina utiliza o modelo cinético corpuscular da matéria para analisar os desenhos supostamente feitos por estudantes para representar, submicroscópicamente, o ar pressionado pelo êmbolo de uma seringa.

E2A4 -

Analise e escreva sua avaliação a respeito dos desenhos elaborados por dois estudantes do ensino médio.

Esses desenhos representam como eles entendem, a partir de um modelo submicroscópico, o que acontece com as partículas que compõem o ar quando elas são pressionadas dentro de uma seringa que está com a ponta fechada, ou seja, o ar não pode sair da seringa.

Estudante 1

Antes

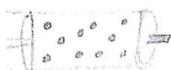


Depois



Estudante 2

Antes



Depois



O estudante 1, mostrou as partículas de antes. Sem formas, já no segundo desenho, elas diminuíram de tamanho. Já o estudante 2, mostrou as partículas do mesmo tamanho em ambos os desenhos, porém o espaço entre elas diminuiu, e multiplicadamente, pois a pressão aumentou devido a diminuição do espaço que elas podem ocupar.

Eu concordo com o segundo estudante, porque realmente, quando o espaço diminui, as partículas vão obrigadas a se unir cada vez mais, diminuindo o espaço entre elas mesmas.

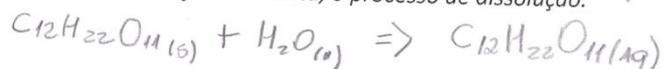
Dissolução de um sólido em um líquido

Mesmo com algumas confusões iniciais, apresentadas na categoria 2, Nina consegue transitar pelos diferentes níveis de representação durante a atividade de dissolução, e opta por utilizar uma equação (simbólico) para representar o processo analisado. Além disso, faz um desenho com seu modelo submicroscópico que indica a compreensão da conservação da substância durante a dissolução, diferentemente das reações químicas onde isso não acontece.

E4A3 -(P) A outra pergunta: represente de forma escrita o processo de dissolução, então se você tivesse que representar de forma escrita o processo de dissolução como você faria? As substâncias que você tem no início e no final do processo mudam? (Nina) Não. (P) então você pode escrever "açúcar" ou se quiser representar com a fórmula da sacarose também pode ser. (Nina) você tem a fórmula da sacarose? (P) Sim. (Nina) Então eu quero colocar a fórmula. (P) e a última pergunta é como você representaria a dissolução do açúcar em água no nível (submicroscópico) de representação? (Nina) posso representar assim? (P) como você achar melhor!

a) Na sua opinião, há diferença entre essa situação e a reação química apresentada na animação da atividade anterior? Explique. Sim. Na reação química houve uma produção de novas substâncias, já nessa situação não, o açúcar apenas se uniu a água.

b) Represente, de forma escrita, o processo de dissolução.



c) Como você representaria o processo de dissolução do açúcar em água no nível submicroscópico?



Reação Química e Mudança de Estado Físico

Antes mesmo de iniciar a atividade, ao analisar a equação química, Nina identifica que haverá a formação de um sólido, ou seja, ela consegue interpretar as informações que o simbólico está apresentando. Ainda, ela consegue verificar a conservação da massa, a conservação no número de átomos durante a reação e a formação de substâncias diferentes das inicialmente presentes.

E4A4 - (Nina) Vai formar uma sólida? (P) A equação está apresentando isso? (Nina) É por que esses dois aquosos vão formar um sólido e um outro aquoso (P) Ah então vai! (Nina) Vamos ver se eu acertei alguma coisa. (P) Você pode responder às questões? (Nina) Na primeira, a massa sempre vai ser a mesma? (P) Tanto sendo uma reação química quanto uma dissolução? (Nina) É, essa é uma conclusão né!! Na segunda eu sei que é não! Nem vou contar, por eu sei que eles apenas se reorganizam! Na terceira é essa aqui né (aponta para a fórmula do precipitado), eu já tinha falado antes! (P) É isso aí, tu já havia identificado antes mesmo de eu perguntar. (Nina) agora os “porquês” eu me atrapalho um pouco [silêncio] (P) Por que isso é uma reação química e não é uma transformação física ou uma dissolução? (Nina) ah, por que teve produção de outras substâncias.

Compare os resultados obtidos nas medidas das massas dessa reação com os resultados obtidos nas medidas das massas da dissolução do açúcar em água. A que conclusões você chega?

sem perda de nenhuma substância, houve a conservação da massa.

Dada a equação que representa a reação que você recém realizou:



Explique;

a) Há diferença no número de átomos presentes nos reagentes e nos produtos?

Explique. não, pois nunca há adição ou subtração de átomos, eles apenas se reorganizam.

b) A partir das informações da equação química, você teria como identificar qual é a fórmula química que representa o composto branco formado? Justifique.

Sim, pois a equação química me mostra qual a substância que estará em estado sólido, e isto fica bem perceptível.

c) Por que essa é uma situação que pode ser considerada uma reação química?

Porque houve a produção de novas substâncias, que não estavam presentes anteriormente.

Antes = 51,2 g
depois = 51,1 g

3.4.2 Subcategorias

Variação do Volume em função da variação da temperatura

Para desenvolver o estudo do primeiro núcleo conceitual, inicialmente buscou-se conhecer as ideias dos estudantes a respeito de uma situação em que há variação do volume do ar em função da variação da temperatura (E1A1), e posteriormente, em outra atividade com características parecidas (E2A2) apresentou-se o modelo

corpúscular da matéria como forma de interpretar os fatos. Em seguida, foi solicitado que os estudantes reelaborassem a resposta da atividade anterior. A síntese das noções dos quatro estudantes está no quadro a seguir.

Quadro 4 - Síntese das ideias explicitadas pelos estudantes durante a participação nas atividades que envolveram o estudo da variação do volume em função da variação da temperatura.

	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Bento	E1A3- ar com características percebidas em materiais sólidos.	-	E2A2- ar constituído por partículas com espaços vazios entre elas.
Laura	E1A3- ar muda de estado físico.	-	-
Leila	E1A3- ar com características não materiais.	E2A2- espaços vazios = ar. Energia = substância. Partículas se expandem pelo espaço.	-
Nina	E1A3- ar não é considerado. Evaporação das gotículas de água que estão nas paredes internas da garrafa.	-	E2A2- ar constituído por partículas com espaços vazios entre elas.

Fonte: Própria autora.

Após o estudo do modelo corpúscular da matéria, tanto Nina quanto Bento reelaboram suas respostas e indicam o aumento do volume em função do aumento do espaço entre as partículas que constituem o ar, ou seja, utilizam as informações por eles compreendidas da teoria corpúscular da matéria para reinterpretar o fato em análise. Leila mistura suas ideias iniciais com as apresentadas no modelo cinético corpúscular, e demonstra estar surpresa pela proposição dos espaços vazios entre as partículas, que para ela seria “ar”, o que corrobora com a interpretação dada a sua explicação anteriormente. Laura não propõe uma nova resposta, e mesmo com as perguntas da professora, apenas indica que entendeu o modelo sem reelaborá-lo de forma escrita ou verbal.

Variação do Volume em função da Variação da Pressão

As E2A3 e E2A4 foram planejadas para verificar se os estudantes conseguiam utilizar informações do modelo corpúscular da matéria estudado previamente, em situações com características diferentes das anteriores, onde a variação do volume do ar é relacionada à variação da pressão.

Quadro 5 - Síntese das ideias explicitadas pelos estudantes durante a participação nas atividades que envolveram o estudo da variação do volume em função da variação da pressão.

	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Bento	-	E2A3- Pressão=uma coisa empurrando, apertando. Sob pressão, as partículas ficam mais juntas.	E2A4- Sob pressão, os espaços entre as partículas diminuem.
Laura	-	E2A3- Não explica o que é “Pressão”. Sob pressão, a distância entre as partículas diminui.	E2A4- Sob pressão, os espaços entre as partículas diminuem.
Leila		E2A3- Pressão= apertar bastante, e as partículas sob pressão vão estar se chocando e vão ficar cada vez	E2A4- Sob pressão, os espaços entre as partículas diminuem.

	-	mais próximas umas das outras.	
Nina	-	E2A3 – Sob pressão, as partículas estão com menos espaços entre elas e elas ficam paradas. Confusões entre movimento intrínseco, transferência de energia e distância entre as partículas.	E2A4- Sob pressão, os espaços entre as partículas ar diminuem.

Fonte: Própria autora.

O fato de os estudantes já conhecerem o modelo corpuscular da matéria fez com que eles não utilizassem ideias pautadas unicamente no nível macroscópico, mas sim explicações misturando suas teorias implícitas com as do modelo estudado. Verificaram-se dificuldades por parte dos estudantes ao tentarem elucidar um modelo para o gás em uma situação de maior pressão que a atmosférica, no entanto, orientados pelas proposições da professora, eles conseguem imaginar diminuição dos espaços vazios entre as partículas, sendo que Leila e Nina retomam o movimento intrínseco das partículas nas suas explicações. Percebe-se que mesmo optando por não explicitar sua compreensão sobre a respeito do conceito pressão, a estudante Laura imagina o que aconteceria com as partículas do gás propano de modo muito similar aos demais colegas.

Os quatro estudantes analisam os desenhos que apresentam representações de outros estudantes para o comportamento do ar quando há alteração na pressão e indicam que o desenho onde há diminuição dos espaços vazios entre as partículas como correto, diferenciando-o do outro desenho em que as partículas diminuiriam de tamanho em função do aumento da pressão.

Reação Química (RQ) e Mudanças de Estado Físico (MEF)

Durante o desenvolvimento da PEA, algumas atividades tiveram como foco de estudo situações envolvendo reações químicas e/ou mudanças de estado físico da matéria, dentre essas atividades as E1A1, E1A2, E3A2, E3A3 e E4A4 permitiram conhecer as teorias implícitas dos estudantes e as reelaborações por eles organizadas em função das problematizações propostas em cada atividade. Características como a conservação da massa, da matéria, a não conservação das substâncias (RQ) e a conservação das substâncias (MEF), foram incorporadas gradativamente nas atividades para que, no decorrer dos encontros os estudantes pudessem utilizar, em distintos contextos, os modelos por eles elaborados.

Quadro 6 - Síntese das ideias explicitadas pelos estudantes durante a participação nas atividades que envolveram o estudo das Reações Químicas e das Mudanças de Estado Físico.

	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Bento	E1A1- Fato 1: Não explica. Fato 2: Bolhas formam-se por que a água ferve/CONTRA SUGESTÃO/ Bolhas são resultado da decomposição da água. E3A2- Energia = substância. E3A3 – Fato 1: Bolhas são	E3A2- RQ e a MEF como processos com um antes e um depois. RQ com conservação do nº de átomos. Equação química como conta matemática. Indiferenciação entre os níveis macro e simbólico. E3A3- RQ (nível simbólico) não	E4A4- Conservação da massa tanto na RQ quanto na dissolução. Conservação da matéria como uma “regra” (átomos no simbólico). Não conservação das substâncias na RQ (nível simbólico).

	resultado da MEF em função do jeito de ser do comprimido.	há formação de novas substâncias (confunde átomos com substâncias).	
Laura	E1A1- Fato 1: Bolhas como resultado da dissolução do comprimido em água. Fato 2: Bolhas como resultado da mudança de estado, não explica “mudança de estado”/CONTRA SUGESTÃO/ mesma explicação. E3A3-Fato 1: Bolhas como resultado de uma reação química, não explica “reação química”.	E3A2- Estados físicos das substâncias como critério para diferenciar MEF e RQ (nível simbólico). RQ = MEF. Conservação do n° de átomos na RQ. Indiferenciação entre o perceptível e o representacional. E4A4- Massa aumenta com a formação do ppt. RQ como separação de partículas. Indica a conservação no n° de átomos, mas não consegue verificar essa informação na equação química. Confusões entre os fatos evidenciados na RQ (macro) e as informações da equação (simbólico).	-
Leila	E1A1- Fato1: não explica. Fato 2: Bolhas = ar que é modificado pelo aquecimento/ CONTRA SUGESTÃO/ Bolhas como produto da decomposição da água. E3A3- Fato 1: Reação química = mistura.	E3A2- Estado físico da água como critério para diferenciar uma MEF e uma RQ (nível simbólico). Confusão entre átomos e substâncias. E4A4- Conservação da massa na RQ. Confusão entre conservação da massa e conservação da substância na RQ. Conservação da matéria (átomos). Formação de precipitado como MEF. Indiferenciação entre fatos do perceptível e do representacional.	E1A2 – Fato2 da história da Maria Clara: conservação da substância na MEF. E3A3- Não conservação da substância e conservação da matéria na RQ (nível simbólico).
Nina	E1A1- Fato 1: Bolhas como resultado do contato da água com “alguma coisa” que tem no comprimido. Fato 2: Bolhas são formadas quando a água atinge 100°C/CONTRA SUGESTÃO/ mesma explicação. E3A3- Fato 1: Bolhas como resultado do contato da água com alguma substância do comprimido.	E3A2 – MEF com conservação da substância. Visão aditiva da RQ. Conservação do n° de átomos na RQ. Diferencial o que é perceptível e o que é representacional. E3A3- Visão aditiva da RQ. Confusões na conservação /modificação dos átomos, substâncias. Comparação entre o perceptível e o representacional pela produção de gás carbônico e a água.	E4A4- Conservação da massa, sem perda de substâncias (comparando à RQ analisada na animação). Conservação da matéria na RQ como um processo em que há a reorganização de átomos. Utiliza as informações da equação química (simbólico) para prever o que vai acontecer no macroscópico (ppt). Não conservação das substâncias nas RQ.

Fonte: Própria autora.

A afirmação de que ao atingir os 100°C a água forma bolhas, de que as bolhas são resultado da mudança de estado ou da fervura não foram justificadas pelos estudantes, mostrando que essas ideias são oriundas de um aprendizado factual de conteúdos que consiste na aquisição de informação verbal literal ou de informações numéricas sem a compreensão, sem significado (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009). A liberação do ar de dentro da água remete a noção de que entre as partículas do líquido há ar, interpretação que segundo Gómez Crespo (2008) é maior quando a matéria é analisada no estado líquido ou gasoso.

Após a contra sugestão na primeira atividade, Bento e Leila passam a assumir a ideia de que ao ser aquecida, a água se decompõe em dois gases, hidrogênio e oxigênio, fato que indica que eles não tinham argumentos para manter suas elucidações anteriores, ou melhor, não estavam seguros de que suas respostas estavam corretas, no entanto sugere também que escolheram outra resposta por parecer “mais científica” ou mais próxima das teorias estudadas na escola na medida em que não justificam a troca. Mais tarde, em outra atividade, Leila espontaneamente retorna à situação da E1A1 e reformula sua resposta, agora sim, com argumentos como a conservação da substância, organizados a partir da explanação realizada pela professora sobre o ciclo da água na natureza a nível simbólico.

A situação que tratava de uma reação química, abordada tanto na E1A1 quanto na E3A3, foi interpretada pelos estudantes como uma mistura de substâncias, uma mudança de estado físico ou uma reação química, onde a formação de bolhas é resultado do jeito de ser do comprimido (Bento), ou seja, há mudança na aparência mas conservação da substância, ou, a ação de uma substância específica, um “agente ativo” que atua sobre um “agente passivo” (MORTIMER e MIRANDA, 1995) no caso da estudante Nina, indicando a não compreensão da interação entre as substâncias envolvidas.

Quando passam a interpretar as MEF e/ou as RQ contemplando os modelos estudado ao longo das atividades, os estudantes misturam informações características das suas teorias implícitas com as das teorias científicas, estabelecendo confusões apresentadas na segunda categoria. De uma forma geral, as confusões estão relacionadas às dificuldades de interpretação dos níveis simbólico e submicroscópico como sistemas de representações elaborados para explicar os fatos, e não como fatos. Assim, os estudantes indicaram a falta de relação entre as representações e o que eles percebem no macroscópico, como por exemplo, nas reações químicas entre reagentes no estado gasoso (imperceptíveis à visão).

A diferenciação entre conservação da matéria (átomos) e das substâncias (átomos agrupados) também foi uma dificuldade encontrada pelos estudantes no momento de interpretar as equações químicas (nível simbólico). Esse fato está vinculado a necessidade de compreensão das interações entre as partículas que podem levar a mudanças na organização dos átomos (formação de novas substâncias), representação distintas da visão aditiva das reações químicas e das equações químicas como contas matemáticas.

No caso de Laura, as confusões permaneceram mesmo nas últimas atividades, quando os demais estudantes mostraram explicações onde as situações foram analisadas a partir dos modelos científicos estudados.

Dissolução de um sólido em um líquido

Em acordo com as características da PEA, a dissolução de açúcar em água foi organizada para que os estudantes pudessem pensar o processo em três distintos

níveis de abordagem: macroscópico (prática onde eles verificaram as massas do açúcar e da água antes e depois da dissolução), simbólico (questionário onde a representação de forma escrita foi solicitada) e submicroscópico (questionário com a proposição de um desenho com a representação neste nível) e diferenciá-lo das situações em que há ocorrência de reações químicas.

No quadro a seguir são apresentados resultados observados durante a participação dos estudantes em uma mesma atividade, que foi desenvolvida em várias etapas, possibilitando a reelaboração das explicações inicialmente apresentadas pelos estudantes.

Quadro 7 – Síntese das ideias explicitadas pelos estudantes durante a participação nas atividades que envolveram o estudo da dissolução de um sólido em um líquido.

	Categoria 1 (macro)	Categoria 2	Categoria 3
Bento	-Não aconteceu nada.	-	- Conservação das substâncias (representação nos níveis simbólico e submicroscópico). - Conservação da substância como critério para diferenciar dissolução e RQ.
Laura	-Dissolução = RQ (as substâncias se uniram). - A formação e liberação de gás e a reversibilidade como características que diferenciam a dissolução e a RQ.	- Conservação das substâncias na dissolução (não utiliza representação no nível simbólico)	- Conservação da substância (representação no nível submicroscópico).
Leila	- Dissolução = RQ (não explica). - Dissolução como resultado da soma de água e açúcar.	-	- Conservação da substância (representação no nível submicroscópico).
Nina	-	- Dissolução = RQ (as partículas mudam de posição).	- Conservação das substâncias (representação nos níveis simbólico e submicroscópico). - Conservação da substância como critério para diferenciar dissolução e RQ.

Fonte: Própria autora.

A estudante Nina apresenta uma característica distinta dos demais, pois no início da atividade propõe uma explicação para o fato em análise que, mesmo com confusões, considera a descontinuidade e a conservação da matéria em um nível submicroscópico. Bento considera as evidências observadas em nível macroscópico para afirmar que nada aconteceu quando açúcar e água foram misturados. Laura e Leila indicam a ocorrência de uma reação química, explicação já evidenciada no estudo realizado anteriormente (capítulo 2) com outros estudantes. De acordo com Pozo e Gómez Crespo (2009) os estudantes do ensino médio não diferenciam entre o tipo de mudança que ocorre em uma solução e em uma reação química, aparecendo para esses dois tipos de processos, indistintamente, interpretações em termos de interação entre substâncias para obter outra diferente, ou de conservação da substância, mesmo que mude seu aspecto.

Percebe-se que, a partir das problematizações sugeridas pela atividade, os estudantes conseguem reelaborar suas explicações de maneiras distintas: Bento e Nina, de modo a identificar informações oportunizadas pelos níveis simbólico e submicroscópico para a diferenciação das dissoluções e das reações químicas (conservação da substâncias); Leila e Laura pela representação da dissolução no nível submicroscópico (situação em que mostram a conservação das substâncias envolvidas), todavia com confusões na elaboração de argumentos para diferenciar e representar a dissolução no nível simbólico.

Pré-teste e Pós-teste

Quadro 8 - Respostas dos estudantes no pré - teste

Estudantes	Questões										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bento	a	e	d	c	c	d	a	a	c	B	a
Laura	d	e	d	c	c	c	d	d	a	D	c
Leila	a	a	a	b	d	d	d	d	a	D	c
Nina	a	a	a	c	b	b	d	a	a	D	c

Quadro 9 – Respostas dos estudantes no Pós – teste

Estudantes	Questões										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bento	b	b	b	c	c	c	d	b	b	C	b
Laura	b	b	b	c	c	c	a	b	b	B	c
Leila	b	a	b	a	c	c	d	d	d	C	c
Nina	b	b	b	c	c	c	d	d	d	A	b

	Respostas corretas
	Respostas incorretas

Percebe-se que antes de iniciarem-se as atividades da PEA, os estudantes não consideravam, entre suas hipóteses, a possibilidade de descontinuidade da matéria e a ideia de vazio: as questões 1, 2 e 3 do pré-teste, contemplando, respectivamente, um líquido, um sólido e um gás, tinham como opção de resposta a alternativa b que apresentava a ideia de vazio (há um espaço livre entre as partículas, em que não há nada – categoria correta do ponto de vista científico) que não foi escolhida pelos estudantes. Para a questão 1 a resposta indicada como correta por 3 dos 4 estudantes foi a letra a, ou seja, nada (contínuo, as partículas estão muito juntas e não pode haver nada entre elas). Quando um sólido foi analisado pelos estudantes (questão 2), Leila e Nina escolheram a mesma alternativa da questão 1, já Bento e Laura indicaram que entre as partículas do sólido haveria outra substância (alternativa e). A análise das respostas da terceira questão mostram que Leila e Nina mantiveram suas respostas de que entre as partículas da substância em questão não haveriam espaços (as partículas

estariam muito juntas umas das outras), no entanto, Bento e Laura optaram pela resposta d, indicando a presença de ar entre as partículas do gás.

Todavia, após a participação nas atividades oportunizadas pela PEA, os estudantes consideraram o modelo cinético molecular estudado para compreensão dos fatos abordados, e indicaram a alternativa b como correta para a grande maioria das respostas das questões 1, 2 e 3. A única exceção foi a resposta da estudante Leila para a questão 2, onde um gás era foco de análise, e a sua alternativa de explicação foi a mesma apresentada no pré-teste, ou seja, de que entre as partículas do gás não haveriam espaços.

A mesma estudante Leila foi a única a optar por uma resposta diferente da cientificamente aceita no pós-teste para as questões 4, 5 e 6, que tratavam do movimento intrínseco das partículas. Ao responder a pergunta 4, a estudante Leila indicou que as partículas de um sólido estão sempre em repouso imóveis, diferentemente dos outros três estudantes que responderam às três questões considerando o movimento intrínseco das partículas, conforme estudado no modelo cinético molecular durante o desenvolvimento da PEA. Cabe ressaltar que, no pré-teste a estudante Laura já respondeu às três questões corretamente do ponto de vista científico, considerando o movimento intrínseco das partículas, no entanto, os demais estudantes alternaram suas respostas entre as ideias da necessidade de um agente interno ou externo que cause o movimento das partículas.

Nas questões de 7 a 9, elaboradas para estudar a forma como os estudantes interpretam as diferentes transformações que a matéria pode experimentar, percebeu-se um aumento no número de respostas cientificamente aceitas após a realização das atividades da PEA, no entanto, ideias consideradas erros conceituais continuaram sendo a opção em alguns casos.

A questão 7 do pré-teste e a questão 8 do pós-teste tratavam de transformações de estado físico, uma fusão e uma solidificação, respectivamente. O estudante Bento escolheu respostas cientificamente incorretas para as duas perguntas, optando por uma resposta que indicava a transformação da natureza das partículas, e outra em que propriedades macroscópicas eram atribuídas às partículas. Da mesma forma, a estudante Laura optou pela alternativa b na questão 8 do pós-teste, indicando que as partículas da substância congelam-se e tornam-se sólidas.

As respostas para a pergunta sobre dissolução, número 8 do pré-teste, dividem-se entre a opção cientificamente correta em que a dissolução foi interpretada de acordo com o modelo cinético para as partículas (alternativa d) e a compreensão de que uma substância é introduzida no interior da outra (alternativa a). No pós-teste, questão número 7, apenas o estudante Bento permaneceu com a resposta considerada distinta da cientificamente aceita para o processo de dissolução segundo o modelo cinético molecular.

A questão 9, tanto no pré quanto no pós-teste, versava sobre uma situação envolvendo uma transformação química. No pré-teste a resposta que a maioria dos

estudantes escolheu apresentava uma ideia de transmutação (letra a), sendo que a alternativa com abordagem submicroscópica, que indicava a interação entre substâncias para formação de outras substâncias diferentes das iniciais não foi escolhida. No pós-teste Nina e Leila consideraram a interação entre substâncias para escolher a resposta cientificamente correta, já Bento e Laura analisaram a reação química como uma mudança de estado físico (alternativa b).

Ao responder as questões 10 e 11 os estudantes tinham que escolher as repostas que, para eles, melhor representariam o que aconteceria com a massa das substâncias durante uma dissolução e uma reação química. Assim, na questão 10 do pré-teste os estudantes não consideraram a conservação da massa em uma dissolução, sendo que a maioria assinalou a resposta em que a massa final correspondia a um valor superior a soma do soluto e do solvente. No pós-teste, dois estudantes Bento e Leila consideraram a conservação da massa no processo de dissolução, já Laura optou pela resposta que indicava um valor intermediário entre a massa do solvente e a soma solvente + soluto, e Nina considerou apenas a massa do solvente, como se a massa do soluto desaparecesse após a mistura.

O estudante Bento considerou a conservação da massa tanto no pré-teste quanto no pós-teste para a questão 11. Os demais estudantes analisaram a transformação química do pré-teste como um processo onde há aumento da massa, ideia que permaneceu nas respostas do pós-teste das estudantes Laura e Leila, diferentemente da estudante Nina que após a participação nas atividades da PEA considerou a conservação da massa para a reação química do pós-teste.

3.5 Considerações Finais

Os resultados da análise das construções realizadas pelos estudantes durante a participação das atividades propostas pela PEA remetem a considerações que podem servir para ampliar ou aprofundar as reflexões, bem como o planejamento de ações, para aqueles que almejam a proposição de melhorias nas aulas de química do ensino médio, ou mesmo na formação de professores que exercerão a docência nesse nível de ensino.

Inicialmente, cabe ressaltar que a análise qualitativa dos caminhos percorridos pelos quatro estudantes mostrou a complexidade que envolve o ensino e a aprendizagem de conceitos fundamentais para a compreensão de teorias que serão objeto de estudo durante os três anos da formação básica em que a química está presente.

Verificou-se uma progressão considerável na utilização dos modelos propostos pelos quatro estudantes, tanto nas argumentações elaboradas durante a participação na PEA quanto na comparação dos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste, destacando-se o caso da estudante Nina como o em que houve maior mudança quanto à redescritção de suas representações nas novas formas de abordagem propostas, de

maneira que suas explicações para os fenômenos em análise foram gradativamente mostrando, desde o início de cada atividade, a tentativa de assimilação das teorias científicas propostas, diferentemente dos demais estudantes que ao explicitarem suas noções no início da maioria das atividades ao longo do desenvolvimento da PEA, ainda utilizavam os aspectos do nível macroscópico como único fundamento, para em seguida, a partir das problematizações propostas pela professora, reelaborarem suas interpretações.

Mesmo como uma experiência com um tempo bastante limitado em relação ao número de horas/aula de química que serão frequentadas pelos estudantes ao longo da sua formação, esses resultados corroboram com a proposta que defende a mudança conceitual como um processo em que aprender novos conhecimentos não significa abandonar os já construídos, mas reestruturá-los em níveis cada vez mais complexos. O fato de os estudantes retomarem suas formas habituais de interpretar as situações no início de cada problematização, buscando no nível macroscópico as respostas, não impossibilitou que eles utilizassem outros níveis de representação durante o desenvolvimento das atividades, mostrando um crescimento gradativo na compreensão e utilização de novas informações.

Percebeu-se também que na maioria das situações, em que os estudantes elaboraram respostas buscando contemplar alguns princípios das teorias científicas, as interpretações apresentavam-se como uma mescla de ideias entre suas noções, pautadas no macroscópico, e as do nível simbólico e/ou submicroscópico. De acordo com Pozo e Gómez Crespo (2009) quando a quantidade de respostas microscópicas aumenta, geralmente, elas aparecem acompanhadas por outras interpretações baseadas nas próprias teorias individuais dos estudantes, de modo que a representação resultante aparece confusa, devido à assimilação acrítica e superficial do modelo corpuscular, misturando informações proporcionadas pela instrução com suas próprias concepções prévias. Dentre os conceitos que ocasionaram maior confusão por parte dos estudantes quando estes tentavam utilizar os modelos científicos destacaram-se, a interação entre partículas, a identificação de substância e partícula, e conseqüentemente a conservação da matéria e/ou da substância.

Dessa forma, é fundamental que o professor acompanhe as mudanças que vão acontecendo nas explicações elaboradas pelos estudantes para poder propor problematizações que os permitam avançar, cada vez mais, em sentido a uma maior compreensão dos modelos científicos propostos, ou seja, a compreensão das teorias da química é um processo que pode exigir tempos e caminhos distintos, de acordo com as apropriações que os estudantes conseguem realizar a partir das atividades propostas nas aulas, e isso demanda uma avaliação constante por parte do professor.

Esse é um objetivo que requer uma mudança de postura tanto do professor quanto dos estudantes, em relação ao que tradicionalmente ocorre nas aulas, pois os estudantes deixam de ser meros reprodutores do que foi transmitido pelo professor, e passam a ser construtores de conhecimentos. Essa mudança, no entanto, tem de ser

compreendida por todos, na medida em que já há um padrão de comportamento incorporado há muito tempo nas práticas das aulas, e mesmo que essa proposição seja apresentada pelo professor, os estudantes podem precisar de tempo para se sentirem seguros e explicitarem suas ideias. Isso foi verificado durante o desenvolvimento da PEA onde se diagnosticou a preocupação dos estudantes em saber se estavam respondendo corretamente às atividades propostas. A estudante Laura, foi a que apresentou maior resistência à explicitação de ideias, com respostas curtas em que, geralmente, afirmava ter compreendido o que havia sido explicado e buscando caminhos para não dialogar de modo a expor suas compreensões. Acredita-se que esse comportamento dificultou a reelaboração de conhecimentos por parte da estudante e o diagnóstico por parte do professor.

Acredita-se que os resultados obtidos com o desenvolvimento da PEA permitem a indicação de alternativas que podem ser incorporadas a outras práticas de forma a promover melhorias no ensino e na aprendizagem da química, ressaltando-se a importância de que cabe ao ensino de química, ao longo do ensino médio, oferecer aos estudantes meios para a diferenciação e integração entre os conhecimentos cotidianos e científicos, em diferentes níveis de representação (macro, simbólico e submicro).

Capítulo 4

PensaQui: um objeto educacional sobre as transformações químicas

4.1 Por que um objeto educacional?

Ao considerar os pressupostos utilizados na Proposta de Ensino e Aprendizagem - PEA (capítulo 3) fundamentais na organização de atividades voltadas à construção de conhecimento nas aulas de química da educação básica, buscou-se as possibilidades oportunizadas pelas novas tecnologias para desenvolver um objeto educacional (OE) que possa ser empregado por professores, como uma atividade diferente das tradicionalmente utilizadas, durante o estudo das transformações químicas.

Para o presente trabalho, um objeto educacional ou objeto de aprendizagem (learning object) é qualquer recurso digital que pode ser utilizado para apoiar a aprendizagem (WILEY, 2000, p.7). Além disso, considera-se que esse recurso digital pode ser usado em múltiplos contextos e adaptado a distintas necessidades, e ainda, compartilhados via internet, o que comporta sua utilização simultânea em diferentes lugares do planeta.

Segundo Tarouco et al (2003), o termo objeto educacional geralmente aplica-se a materiais educacionais projetados e construídos em pequenos conjuntos, com vistas a maximizar as situações de aprendizagem onde o recurso pode ser utilizado. Vieira e Nicoleit (2007) também afirmam que um OE tem a capacidade de ser reutilizado em vários contextos de maneira a facilitar a apropriação do conhecimento, devendo ser um facilitador na construção do conhecimento, servindo ainda, como instrumento para que o aluno construa o seu entendimento sobre o assunto que está sendo abordado.

Carneiro e Silveira (2012), apresentam recomendações para a produção de objetos de aprendizagem, elaboradas pelo Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância (NAPEAD/UFRGS), e o definem como um recurso educacional digital que explicita claramente um objetivo pedagógico, disponibiliza mensagens e orientações ao longo da navegação de forma a proporcionar auxílio constante aos usuários, oferece interatividade, prevendo ações que incentivem a interatividade, é autocontido e disponibiliza orientações para outros professores para possíveis estratégias de uso pedagógico. Ao mesmo tempo, cabe destacar que a relevância da utilização de objetos de aprendizagem está no fato destes promoverem uma aprendizagem colaborativa, ou seja, essa ferramenta pedagógica permite a construção do conhecimento porque contempla a interação e a cooperação entre parceiros (SAMPAIO e ALMEIDA, 2010).

Percebe-se assim, nas características dos objetos educacionais, mais um caminho para organização de propostas de ensino e aprendizagem, com a possibilidade de diversificação de meios e formas de interação no contexto escolar.

4.2 A Concepção do PensaQui

Segundo Vieira e Nicoleit (2007), a criação de um objeto de aprendizagem é uma tarefa que exige um trabalho colaborativo intenso, de modo que, tão importante quanto o conhecimento sobre as ferramentas de desenvolvimento computacional, é ter noção de como ocorre a construção do conhecimento; é pensar como professor, como aluno e como programador. Assim, um grupo constituído por uma professora de química (doutoranda desta pesquisa), professores da área de informática, um analista de sistemas e bolsistas dos cursos técnicos integrados ao ensino médio do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Câmpus Canoas, organizou um projeto de pesquisa para integrar conhecimentos das áreas de química e informática com o objetivo de desenvolver um objeto educacional para o estudo das transformações químicas.

Como roteiro, o grupo de pesquisa optou por utilizar a história “Bolhas na vida de Maria Clara” (capítulo 2), que foi adaptada para dar conta da interação entre sujeito e objeto almejada pelo PensaQui, ou seja, buscou-se: a) nas dúvidas da personagem Maria Clara, as problematizações para que os estudantes pensem sobre suas teorias implícitas e possam manifestar suas explicações para os fatos em análise; b) nos resultados obtidos durante as entrevistas realizadas com essa história (capítulo 2), o conteúdo para elaborar situações de contra sugestão, para que os estudantes possam reelaborar de forma escrita suas explicações iniciais a respeito dos fatos apresentados na história c) nos núcleos conceituais e nos níveis de representação (capítulo 3), a organização das informações oportunizadas pelo PensaQui.

Conceber um OE de modo a integrar sujeitos com formações e visões distintas demandou o debate constante de ideias, principalmente entre as formas de entender os conhecimentos técnicos e pedagógicos, pois ao mesmo tempo em que era necessário definir as mídias com maior potencial para os objetivos pretendidos (animações, imagens, sons, vídeos, entre outras), havia uma proposta de ensino e aprendizagem a ser implementada. De acordo com Gazzoni et al (2006), os objetos de aprendizagem são sempre formados por conteúdos a serem aprendidos e devem levar em conta todos os procedimentos pedagógicos desde a escolha do conteúdo a ser apresentado e das estratégias mais adequadas para fazê-lo, até a compreensão do processo de ensino e aprendizagem e das interações entre o aluno envolvido nesse processo e o conteúdo, através de um meio informatizado. Neste contexto, a realização das etapas iniciais na presente pesquisa, foi fundamental para a definição e validação do assunto a ser desenvolvido por meio de um OE.

Desse modo, durante a elaboração do PensaQui, buscou-se elementos que pudessem ser alternativas às principais dificuldades evidenciadas nas explicações dos estudantes, e ao mesmo tempo, um espaço para que os estudantes pudessem explicitar suas ideias a respeito das situações apresentadas, de modo a proporcionar um recurso que possa ser utilizado tanto por professores que querem conhecer como seus estudantes explicam fatos que são foco de estudo da química, quanto por estudantes que poderão interagir e construir novos conhecimentos por meio das problematizações e informações disponibilizadas pelo objeto.

Assim, propõe-se como principal objetivo do PensaQui:

- Proporcionar aos docentes da área da química e/ou ciências uma ferramenta pedagógica distinta das tradicionalmente utilizadas, que possibilite conhecer e problematizar as explicações apresentadas pelos seus estudantes a respeito das transformações químicas.

Além disso, constituem-se como objetivos específicos:

- Utilizar as ferramentas oportunizadas pelo uso do computador para apresentar distintas formas de representação, inerentes ao estudo da química, como meio de interpretar os fatos do cotidiano, ultrapassando as compreensões apenas no nível macroscópico, ou seja, mediar a construção de modelos mais complexos e eficientes para compreender as propriedades e as transformações da matéria;
- Criar condições para que os estudantes apresentem suas ideias (teorias implícitas) a respeito dos fenômenos em estudo, ou seja, que tenham liberdade para formular explicações e avaliar as distintas possibilidades apresentadas, sem preocupação com avaliações punitivas, para, desse modo, facilitar a tomada de consciência e a explicitação de teorias;
- Analisar como os estudantes interpretam as informações oportunizadas pelo OE com o qual estão interagindo, de modo que o professor possa planejar ações futuras para proporcionar atividades em que confusões conceituais possam ser retomadas e reelaboradas.

A utilização do OE no ambiente escolar, constitui-se como uma proposta de interação entre sujeito (estudante) e objeto (objeto educacional), em que a análise de informações, a expressão de opiniões, a comparação de dados e elaboração de explicações de forma escrita, tornar-se-ão uma oportunidade de aprendizagem onde as escolhas das informações e dos caminhos a serem buscados, serão determinadas por ele mesmo, durante o processo de interação.

Cabe retomar brevemente os pressupostos considerados fundamentais para a organização da PEA, e que também foram consideradas na elaboração do objeto educacional (figura13).

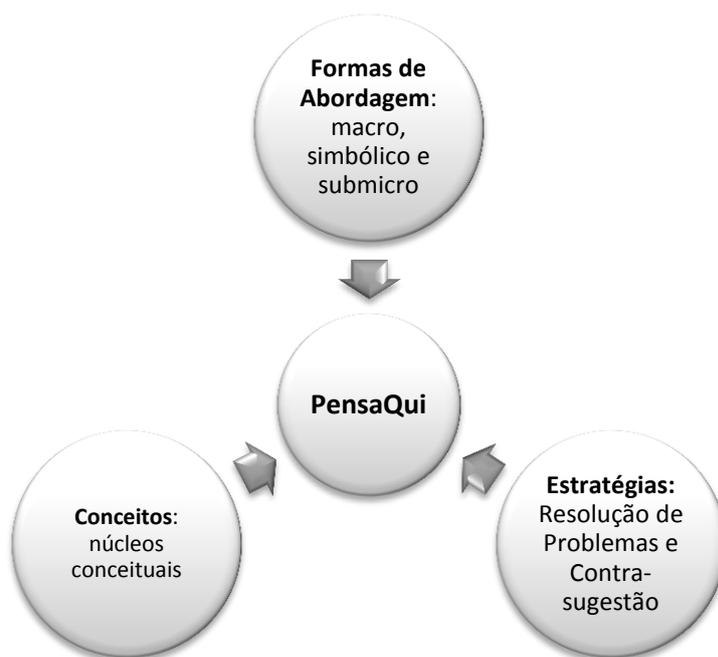


Figura 13 – Pressupostos constituidores do objeto educacional PensaQui.

- **Formas de abordagem:** o modelo de Johnstone (1982; 2000), é explicado aos estudantes em um texto, e ainda representado ao longo do objeto por meio das animações construídas com software escolhido, ou seja, além de um texto explicando as diferentes formas de representação utilizadas pela química (macro, simbólico e micro), o estudante que utilizar o PensaQui ainda poderá visualizar a formação de bolhas na panela e no copo (macro), as fórmulas e equações químicas que representam as substâncias e os processos estudados (simbólico) e a interação entre as moléculas e/ou os átomos na representação da água sólida, líquida e gasosa e na reação de combustão do propano (submicroscópico).
- **Conceitos:** os núcleos conceituais propostos por Pozo e Gómez Crespo (2009) necessários para a compreensão da grande maioria dos conteúdos estudados na disciplina de química ao longo da educação básica, são utilizados nos textos que o objeto apresenta como resultado das pesquisas desenvolvidas pelos personagens, desse modo, a compreensão da matéria como algo descontínuo e a conservação de propriedades não observáveis, estruturam a organização das explicações oferecidas pelo PensaQui.
- **Estratégias:** A contra sugestão (CHARLOT-BLANC, 1997; DELVAL, 2002; SILVA, 2011) e a resolução de problemas (POZO e PEREZ ECHEVERRÍA, 1998; SILVA, 2008) apresentadas no capítulo 3 desta pesquisa, foram organizadas como estratégias para que o estudante, ao utilizar o PensaQui, pudesse explicitar

suas ideias de forma escrita. A resolução de problemas é proposta nos questionamentos da personagem Maria Clara, que vivencia uma situação que gera uma dúvida, e que torna-se objeto de pesquisa dela e de seus colegas. As hipóteses formuladas pelos personagens do OE, ao tentarem explicar os fatos em análise, são uma forma de contra sugestão, na medida em que propõem diferentes ideias sobre o que teria ocasionado a formação de bolhas em cada um dos fatos observados por Maria Clara, e permitem ao estudante que está utilizando o objeto a argumentação e reelaboração de suas explicações iniciais.

4.3 Elaboração do PensaQui

O caminho percorrido pelo grupo de pesquisa para a elaboração do PensaQui passou por dificuldades no momento da criação dos desenhos dos cenários e personagens da história, isso por que o IFRS – Câmpus Canoas não conta com profissionais especializados nesta área no seu corpo docente, técnico ou discente. Todavia, a estratégia utilizada pelo grupo foi uma parceria com um projeto de extensão realizado na instituição, chamada Oficinas Permanentes de Cultura, que contava, entre outras ações, com oficinas de histórias em quadrinhos. Dessa forma, toda prototipagem foi desenvolvida com a participação de um bolsista voluntário da oficina de histórias em quadrinhos que elaborou os desenhos em lápis e papel, para depois serem digitalizados. Primeiramente o bolsista criou os ambientes da história contada no objeto, para depois desenvolver os personagens e a introdução do objeto, que foi planejada pelos bolsistas como uma história em quadrinhos. Como etapa seguinte, a bolsista vinculada ao projeto de pesquisa, estudante do curso técnico em informática integrado ao ensino médio, realizou o trabalho de programação com o software Adobe Flash CS5, pois ele permite a utilização de animações e a interação pretendida entre objeto e estudante. Na figura 14 são apresentados os cenários elaborados para o PensaQui.



Figura 14 – Tela inicial do OE em formato de história em quadrinhos, os personagens na cozinha da Maria Clara, formação de bolhas a partir de um comprimido efervescente e a representação de uma panela no fogo com água fervente.

Uma segunda etapa em relação ao design do PensaQui iniciou a partir da possibilidade de realização de um trabalho colaborativo com o NAPEAD/UFRGS, por meio de um trabalho conjunto desenvolvido pela professora Gabriela Perry, docente do Programa de Pós – Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, do qual essa investigação de doutoramento faz parte. Com a organização de uma nova identidade visual, elaborada por profissionais especializados na área do design, o PensaQui foi finalizado e será disponibilizado em um website, para que professores de química e/ou ciências possam utilizá-lo em suas aulas.

4.4 O Objeto Educacional PensaQui

O Objeto Educacional tem como cenário inicial o ambiente escolar onde Maria Clara e seus colegas, Caroline e Ricardo, se interessam por um cartaz que divulga uma mostra de iniciação científica que será realizada na escola (figura 15). Os estudantes combinam um encontro na casa de Maria Clara para elaborar um trabalho e participar da mostra.

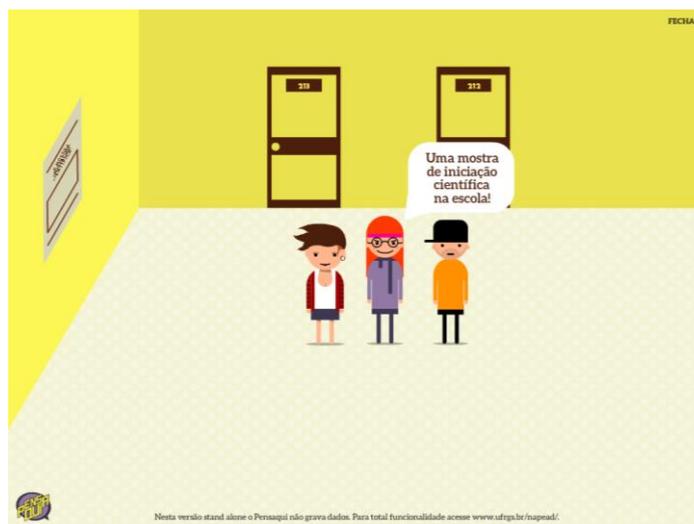


Figura 15 – Personagens na escola.

Ao chegar em casa, Maria Clara se depara com uma situação que se tornará o tema de pesquisa do grupo de estudantes. A adolescente observa a formação de bolhas em duas situações distintas (figura 16), na água fervendo para preparação de uma sopa (figura 18) e, no copo de água onde sua mãe colocou um comprimido efervescente (figura 17), e então se pergunta sobre a formação de bolhas: por que em um caso foi preciso aquecer e em outro não? (figura 19). Nessa etapa o objeto oportuniza ao estudante a visualização da formação de bolhas por meio de animações (nível macroscópico).



Figura 16 – Maria Clara com sua mãe na cozinha de casa.



Figura 17 – Formação de bolhas no copo.

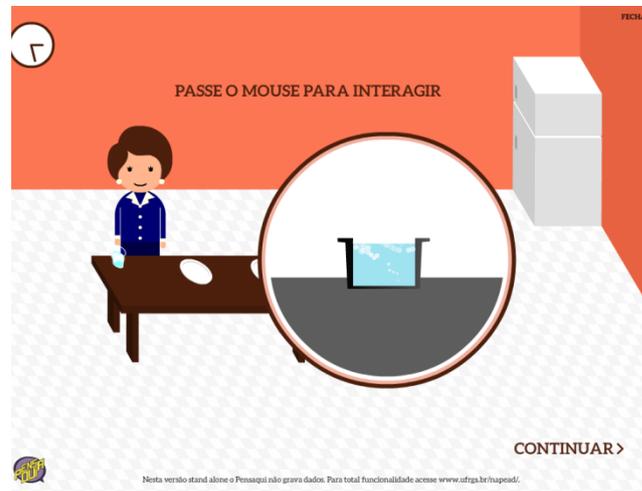


Figura 18- Formação de bolhas na panela.

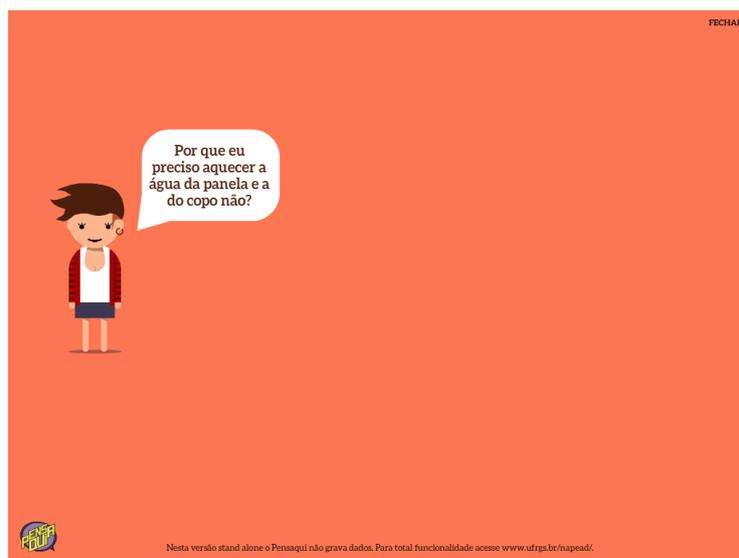


Figura 19 - Maria Clara pensando sobre os fatos observados.

A partir do questionamento elaborado por Maria Clara, o estudante que estará interagindo com o PensaQui será convidado a manifestar suas opiniões sobre cada um dos dois fatos observados (figura 20).



The screenshot shows a red-themed interface. On the left, a cartoon boy character asks: "Por que eu preciso aquecer a água da panela e a do copo não?". Below him, text says: "Ajude Maria Clara com suas dúvidas. Escreva ao lado o que você pensa a respeito dos fenômenos apresentados." To the right is a large white text box with the placeholder "escreva aqui sua resposta". At the bottom center is a white button with the text "Enviar resposta e continuar". In the top right corner, there is a small "FECHAR" button. At the bottom left is a logo for "PENSAR PENSAR" and at the bottom center is a small line of text: "Nesta versão stand alone o Pensaqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrga.br/napesd/."

Figura 20 – Espaço para o estudante escrever o que ele pensa sobre os fatos.

Em seguida, o OE passa a abordar cada um dos fatos separadamente. Assim, quando Maria Clara, Caroline e Ricardo se reúnem para elaborar o trabalho de pesquisa (figura 21), cada um deles apresenta sua hipótese sobre o caso da panela (contra sugestão), nesse momento, o estudante que estará utilizando o OE poderá escolher uma das explicações e escrever a respeito dessas hipóteses mostradas pelos personagens (figura 22). Essas hipóteses são ideias apresentadas pelos estudantes na primeira etapa desta pesquisa (capítulo 2) quando a história “Bolhas na vida de Maria Clara” foi utilizada nas entrevistas.



Figura 21 - Hipóteses dos personagens sobre a formação de bolhas na panela.

Depois de ler as hipóteses dos personagens, você gostaria de mudar ou acrescentar alguma coisa na sua resposta?

escreva aqui sua resposta

Enviar Não

Nesta versão stand alone o Pensaqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 22 - Espaço para o estudante reelaborar sua explicação inicial.

Na continuidade da utilização do objeto, os personagens iniciam suas pesquisas a respeito da “fervura da água na panela”. Cada um utiliza uma fonte distinta de pesquisa, revista, livro e internet e assim, são disponibilizados três textos que seriam resultados dessas pesquisas, com destaque para a conservação da substância durante as mudanças de estado físico da matéria. Em um dos textos a explicação enfatiza as três formas de abordagem utilizadas pela química para representar um determinado fenômeno (figura 23), em outro texto, há informações sobre as transformações de estado físico (figura 24), e ainda, no terceiro texto, há a explicação do modelo corpuscular da matéria, com uma animação representando a água nos três estados físicos no nível submicroscópico (figura 25).

Na química utilizamos diferentes formas de representação para explicar os fenômenos que estamos estudando.

Há o nível macroscópico, que usamos até agora nas situações apresentadas pelos personagens Maria Clara, Caroline e Ricardo. A este nível de representação estão relacionadas as situações que podemos ver, manusear, sentir o cheiro das substâncias, descrevendo propriedades perceptíveis pelos nossos sentidos.

Outro nível é o simbólico em que nós representamos as substâncias químicas por meio de fórmulas e suas transformações por meio de equações.

E um terceiro nível que é o submicroscópico, com o qual nós tentamos explicar por que as substâncias químicas se comportam do jeito que percebemos. Nesse nível invocamos átomos, moléculas, íons, entre outros, de forma que possamos criar uma imagem mental que represente o que percebemos no nível macroscópico.

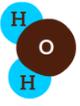
Esses três níveis se completam e nos proporcionam diferentes abordagens sobre um mesmo fenômeno. Vamos usar nosso exemplo da água líquida, que foi colocada na panela, para representar nos três níveis:



MACRO

H_2O

SIMBÓLICO



SUBMICRO

Figura 23- Texto sobre as formas de abordagem.

Quando utilizamos ou pensamos em uma substância, ela pode ser um gás, um sólido ou um líquido. Essas três formas da matéria são chamadas estados da matéria.

No caso da água que Maria Clara colocou na panela, trata-se de uma substância no estado líquido ($H_2O_{(l)}$). Quando fornecemos energia na forma de calor para essa quantidade de água líquida, ela transforma-se em vapor de água que se transforma em vapor de água ($H_2O_{(v)}$), ou seja, há uma alteração na sua aparência física, mas não na sua composição (a substância continua sendo a mesma). Esse processo onde um líquido é transformado em vapor pelo aquecimento é chamado de EBULIÇÃO.

Representação (nível simbólico) do processo:

The diagram shows the chemical formula $H_2O_{(l)}$ on the left, with an arrow pointing to $H_2O_{(v)}$ on the right. Below $H_2O_{(l)}$ is a brown arrow pointing up with the text "Antes do aquecimento". Below $H_2O_{(v)}$ is a brown arrow pointing up with the text "Após o aquecimento".

Nesta versão stand alone o Pensaqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 24 – Texto sobre a conservação da substância na mudança de estado físico.

Um dos objetivos da química é que possamos interpretar os fenômenos que percebemos no nível macroscópico em termos submicroscópico, e para isso precisamos aprender a utilizar o modelo corpuscular da matéria como modelo interpretativo dos diferentes fenômenos presentes no nosso dia-a-dia, como é o caso da ebulição da água, segundo o qual:

- A matéria é formada por pequenas partículas que não podemos ver: são os átomos, as moléculas, os íons, ou seja, partículas tão pequenas que não conseguimos ver nem mesmo com o microscópio.
- Essas partículas estão em contínuo movimento: diferentemente da aparência estática que percebemos, segundo este modelo, as partículas estão sempre se movimentando, em contínua agitação.
- Entre essas partículas não há absolutamente nada: esse modelo considera que há espaços vazios entre as moléculas, diferentemente da aparência contínua da matéria, ela é descontínua.

Perceba que, a substância “água” continua sendo a mesma, ou seja, continua constituída pelas mesmas moléculas de água, o que muda é a forma como essas moléculas interagem, ficando mais distantes ou mais próximas, se movimentando mais lenta ou rapidamente.

Gasoso

Líquido

Sólido

Nesta versão stand alone o Pensaqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 25- Texto sobre o modelo corpuscular da matéria (animação - nível submicroscópico).

Após a apresentação dessas informações, o OE propõe ao estudante que, caso ele considere necessário, reelabore suas explicações para o fato da panela, manifestando-se de forma escrita (figura 26).

Após a leitura das pesquisas dos 3 estudantes
você mudou de opinião em relação a alguma
ideia anterior? Ficou com dúvidas em algum
conceito? Gostaria de fazer alguma observação?

escreva aqui sua resposta

Enviar Não

FECHAR

PENSAQUI

Nesta versão stand alone o Pensaqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 26 – Espaço para o estudante reelaborar sua explicação.

Como etapa seguinte, o PensaQui propõe ao estudante, a escrita de suas ideias a respeito do fato do copo de água com o comprimido efervescente (figura 27), para logo após, expor as hipóteses dos personagens (contra sugestão) para o fato em análise (figura 28). Então, um novo espaço para o estudante reelaborar suas explicações é disponibilizado pelo OE (figura 29).

Agora vamos ao caso do comprimido antiácido
efervescente:
Quais são as suas ideias?

escreva aqui sua resposta

Enviar

FECHAR

PENSAQUI

Nesta versão stand alone o Pensaqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 27 – Espaço para o estudante escrever sua explicação sobre o fato do copo.



Figura 28 – Hipóteses dos personagens sobre a formação de bolhas no copo.

Figura 29- Espaço para o estudante reelaborar sua explicação.

Na sequência, os personagens resolvem continuar a pesquisa individualmente, cada um em sua casa, para depois compartilhar os resultados em um chat pela internet. Assim, os resultados das pesquisas de cada um deles trarão novas informações em três textos que abordam: a reação química que ocorre no copo com água em que foi colocado um comprimido efervescente representada no nível simbólico (figura 30), a conservação da matéria e não conservação da substância como característica das reações químicas (figura 31) e outro exemplo de reação química com representações nos níveis simbólico e submicroscópico (figura 32).

FECHAR

A efervescência é causada pelo dióxido de carbono (CO_2) produzido na reação do hidrogeno carbonato de sódio (NaHCO_3) com algum ácido contido no comprimido, geralmente o ácido cítrico ($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$). Nesse caso, há formação do dihidrogenocitrato de sódio ($\text{NaH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7$), como mostra a equação balanceada abaixo:

$$\text{NaHCO}_{3(aq)} + \text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_{7(aq)} \longrightarrow \text{NaH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_{7(aq)} + \text{H}_2\text{O}_l + \text{CO}_{2(g)}$$

aq - significa que está dissolvido em água l - significa que está no estado líquido g - significa que está no estado gasoso

Essa reação só ocorre quando os reagentes estão dissolvidos em água. É por isso que esses comprimidos podem ser guardados por muito tempo em embalagens bem fechadas.

Nesta versão stand alone o Pensiqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 30 – Texto sobre a reação química que ocorre no copo.

FECHAR

Uma reação química é o processo da mudança química, isto é, a conversão de uma ou mais substâncias em outras substâncias. Os materiais iniciais são chamados de reagentes. As substâncias formadas são chamadas de produtos. A reação química será representada:

reagentes \longrightarrow produtos

Em uma reação química, os átomos envolvidos não são destruídos nem criados, mas se reorganizam formando novas substâncias. Então, os átomos que estavam presentes nos reagentes também estarão presentes nos produtos. A quantidade de cada um dos átomos também se mantém constante, ou seja, há a **conservação da matéria**.

Nesta versão stand alone o Pensiqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 31 – Texto sobre as reações químicas.

Os balões de passeio conseguem subir por que o ar que está dentro do envelope (balão) ganha energia na forma de calor, e assim torna-se menos denso que o ar da parte externa (temperatura ambiente). Desse modo, para continuar o voo, o piloto do balão precisa aquecer continuamente o ar, e ele faz isso com um queimador, ou seja, um equipamento que permite a formação de uma chama que transfere calor para o ar. Veja a equação (nível simbólico) que representa a reação que ocorre no queimador:

$$\text{C}_3\text{H}_{8(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \longrightarrow 3\text{CO}_{2(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(g)}$$

Esse é um exemplo de reação de combustão, ou seja, uma reação química em que um combustível (nesse caso o propano - $\text{C}_3\text{H}_{8(g)}$) e um comburente (nesse caso o gás oxigênio - $\text{O}_{2(g)}$) interagem, e formam outras substâncias, produzindo uma chama! A análise da equação permite a percepção de que há 3 átomos de carbono, 8 átomos de hidrogênio e 10 átomos de oxigênio, tanto nos reagentes quanto nos produtos, ou seja, há conservação da matéria durante a reação química.

Nesta versão stand alone o Pensaqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 32 - Texto com outro exemplo de reação química (animação – nível submicroscópico).

Uma nova oportunidade para reelaboração de ideias é apresentada ao estudante que está utilizando o PensaQui (figura 33), e assim, termina a interação entre o estudante e o OE (figura 34).

Você gostaria de alterar sua resposta ou fazer algum comentário adicional sobre o caso do efervescente?

escreva aqui sua resposta

Enviar

Nesta versão stand alone o Pensaqui não grava dados. Para total funcionalidade acesse www.ufrgs.br/napead/.

Figura 33 - Espaço para o estudante reelaborar sua explicação.

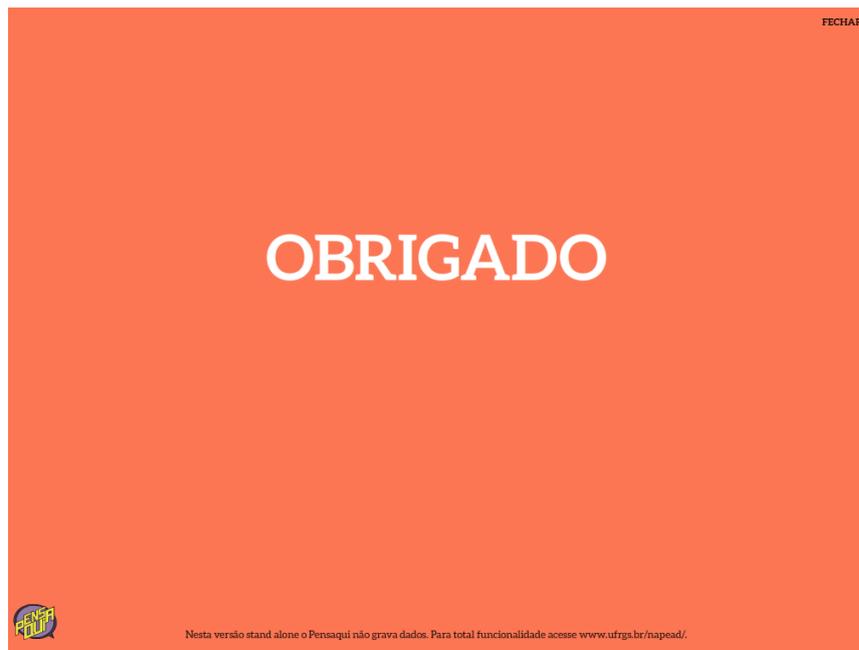


Figura 34 - Cena final do objeto.

Todas as escolhas e textos construídos pelo estudante, em diferentes momentos, farão parte de um relatório que será acessado pelo professor ao final da utilização do objeto. Assim, ele terá a oportunidade de avaliar as explicações apresentadas pelos estudantes, suas compreensões elaboradas e/ou reelaboradas durante o processo, e diagnosticar o que é necessário problematizar na continuidade dos estudos a respeito do tema. Cabe reforçar que o objeto educacional constitui-se como uma das ferramentas que o professor poderá utilizar como estratégia metodológica, em um contexto de construção de conhecimentos em que o estudante é compreendido como um sujeito ativo, capaz de aprender e ampliar seus conhecimentos continuamente.

Para a aplicação do PensaQui em uma turma de alunos, o professor responsável fará um cadastro em um website em que o OE estará disponível. Este cadastro possibilitará, posteriormente à aplicação do objeto, que o professor tenha acesso, também de forma online, às respostas dadas pelos seus alunos, e ainda, visualize dados estatísticos dos acessos realizados. Nesse website também serão disponibilizados um guia de utilização do PensaQui com uma breve descrição do processo de planejamento do objeto, seus objetivos e sugestões de atividades que podem ser desenvolvidas por meio da utilização do OE, destacando-se a necessidade de o professor explicar aos seus estudantes a importância da explicitação de suas ideias a respeito dos fatos observados durante a utilização do PensaQui.

Além disso, todos os trabalhos de divulgação científica vinculados ao PensaQui serão disponibilizados no website, que contará também com um link para dúvidas e compartilhamento de ideias que será monitorado pelo grupo de pesquisa do IFRS, objetivando fornecer o suporte técnico para questões vinculadas à utilização do OE no laboratório de informática da escola em que o professor trabalha e para o acompanhamento das dificuldades vivenciadas pelos professores na utilização do OE, e

das melhorias por eles sugeridas para a construção de novas versões, caso seja necessário.

A avaliação da usabilidade do PensaQui será realizada com uma turma de primeiro ano do IFRS – Câmpus Canoas, conforme ação planejada para o primeiro semestre de 2015 pelo grupo de pesquisa, e os resultados obtidos serão organizados em um artigo que será submetido a uma revista vinculada à educação e a informática.

4.5 Considerações Finais

A apresentação do PensaQui como um produto desta investigação está diretamente vinculada a valorização de projetos de integração entre distintas áreas do conhecimento, neste caso, química, informática e design, onde o diálogo e a cooperação foram fundamentais para a resolução de problemas ligados às distintas formas de compreender as possibilidades de um recurso digital, enquanto proposta de ensino e aprendizagem, que possa ser de livre distribuição e utilização por professores da educação básica.

A colaboração de bolsistas do ensino médio no grupo de pesquisa foi relevante, indo além das aprendizagens oportunizadas pela iniciação científica, pois oportunizou a elaboração de um roteiro com situações do cotidiano de estudantes da mesma faixa etária, de modo que os diálogos entre os personagens pudessem ser próximos e significativos aos estudantes que estudarão utilizando o PensaQui.

Acredita-se que as possibilidades oportunizadas pelo PensaQui permitirão aos professores de química e/ou ciência uma alternativa interativa para criar condições para que os estudantes reflitam a respeito de suas explicações individuais (teorias implícitas), e possam explicitá-las sem medo do erro, mas como um caminho para reelaborar, aprender e compreender conceitos fundamentais, que poderão ser utilizados ou retomados em distintas situações ao longo do ensino médio, durante os estudos da disciplina de química. Ao mesmo tempo, espera-se que os professores reflitam sobre os pressupostos que estruturam o PensaQui, destacando-se a importância de conhecer e considerar as teorias individuais dos estudantes como conteúdo para o planejamento e desenvolvimento de propostas de ensino e aprendizagem nas aulas de química, e ainda, a complexidade que envolve a construção de modelos abstratos inerentes ao estudo da química para que esta se torne uma forma de interpretar a realidade.

Considerações Finais: a definição de novos caminhos

Não sou nem otimista, nem pessimista.

Os otimistas são ingênuos, e os pessimistas amargos.

Sou um realista esperançoso.

Sou um homem da esperança.

Ariano Suassuna

É chegada a hora de pontuar os conhecimentos construídos até aqui, e no exercício da elaboração das considerações finais, avaliar possibilidades almejando a abertura de novos caminhos a serem trilhados. Esse movimento de reflexão demanda energia, e a energia que me move é o amor que eu tenho pela vida, pela profissão que eu escolhi, pela oportunidade de transformação que eu vivencio diariamente no meu fazer docente. Não sou ingênua a ponto de acreditar que uma tese resolverá todas as dúvidas e problemas que emergem da reflexão na e sobre as ações constituidoras do ensino da química, todavia, tenho esperança que os argumentos elaborados ao longo desse processo investigativo, e que serão retomados e sintetizados nestas considerações, possam oportunizar aos professores de química a reflexão, a elaboração de ideias e novas compreensões a respeito da complexidade que envolve o ensino e a aprendizagem de conceitos fundamentais relacionados ao estudo das transformações químicas.

Iniciei buscando as noções dos professores sobre o processo de aprendizagem de seus estudantes. E por que considerei este diagnóstico necessário? Por que, ao procurar conhecer as necessidades dos estudantes sobre conceitos fundamentais que estruturam a compreensão de situações envolvendo as transformações químicas, ponderei sobre a relevância de analisar a visão dos professores, enquanto sujeitos diretamente envolvidos e responsáveis pelo processo de aprendizagem, para a ampliação das reflexões sobre os avanços e dificuldades que precisam ser compartilhadas na elaboração e reelaboração de conhecimentos, visando a qualificação do ensino de química.

Ao indicarem a criatividade do professor como elemento presente no processo de aprendizagem dos estudantes, alguns docentes mostraram, mesmo que inconscientemente, o quanto a criação é pressuposto imprescindível ao fazer pedagógico vivenciado por eles. A construção de conhecimentos no ambiente escolar perpassa as ações de todos os sujeitos pertencentes a ele, e mesmo que alguns ainda a vejam como restrita ao papel do pesquisador da academia e dos centros de pesquisa, tanto estudantes quanto professores podem, ou melhor, devem perceber o quanto as interações com o meio promovem transformações nas suas capacidades de interpretar a realidade.

Com o entendimento de que o sujeito cria ao construir explicações às situações caracterizadas como problemas, ao (re)conhecer novas relações em antigos temas de estudo, proponho pensar sobre a criatividade como inerente ao processo de aprendizagem dos estudantes, quando a eles é permitido agir, pensar, questionar, estabelecer o diálogo sem medo de errar ou ser punido por não responder o que está no livro didático. Acredito na importância de criar condições para que haja interação e diferenciação entre as teorias implícitas dos estudantes e as teorias científicas que são foco de estudo das aulas de química, e assim, retomo a visão do professor como agente produtor de conhecimentos sobre a sua prática e sobre as dificuldades e avanços de seus estudantes no processo de assimilação de conhecimentos.

Todavia, a presente investigação mostrou que para muitos professores de química, o papel do professor se restringe a dar conta de transmitir, com entusiasmo e organização, todos os conteúdos programados para o período letivo, e que muitas vezes esse papel não é garantido em função de fatores externos a ele, como as características dos estudantes que são desmotivados, desinteressados e não têm os conhecimentos prévios necessários para aprender os conteúdos da química, além da estrutura física inadequada da instituição de ensino, que não dispõe de laboratórios, materiais didáticos e recursos tecnológicos que permitam o bom desenvolvimento das aulas.

Por sua vez, o interesse e os conhecimentos prévios dos estudantes, formaram duas categorias que emergiram das respostas dos professores, onde percebi manifestações de “idealização” dos estudantes para os quais são planejadas as aulas, fato que deixa evidente a falta de consideração desses professores em relação à importância de diagnosticar as necessidades e interesses dos sujeitos, para criar condições para que a aprendizagem aconteça. Essas respostas apontam uma visão bastante simplificada sobre o ensino e a aprendizagem, enquanto processos de transmissão e recepção passiva, garantidos pela organização de informações cada vez mais complexas, que podem ser absorvidas por todos os estudantes a partir de uma lógica linear estabelecida pelo professor.

Além disso, o planejamento e a prática dos professores, assim como a integração conceitual, constituíram as outras duas categorias de respostas dos professores quanto ao que é necessário para os estudantes aprenderem química, pontuando a aplicabilidade dos conhecimentos estudados ao cotidiano dos estudantes, a organização de atividades que possam desenvolver habilidades e competências, exercícios desafiadores, a utilização de novas tecnologias, entre outras estratégias metodológicas, mostrando, na maioria dos casos, proposições em que são articulados os conhecimentos do professor sobre a melhor forma de ensinar com os conteúdos que devem ser estudados, de modo a resultar em planejamentos que poderiam ser executados com qualquer grupo de sujeitos daquele mesmo nível ou modalidade de ensino para qual foram preparadas. Desse modo, o estudo de caso

mostra a omissão de boa parte dos professores em relação às necessidades e características dos outros sujeitos que participarão dos processos de ensino e aprendizagem, os estudantes.

Neste sentido, argumento em favor da importância do conhecimento dos estudantes e suas características por parte dos professores de química, e o quanto esse conhecimento é imprescindível ao exercício da docência, pois permite, na interação com os demais conhecimentos – do conteúdo, didático, do currículo, entre outros citados por Shulman (2005) –, a elaboração de propostas que possam se transformar em espaços de aprendizagem para os estudantes.

Ao longo da minha prática docente com estudantes do ensino médio, as dificuldades apresentadas por eles na compreensão de uma série de conceitos sempre me levaram a estados de desequilíbrio que desencadeavam a busca por meios para entender por que os estudantes não compreendiam. Essa busca que me move até hoje, e originou o segundo estudo de caso desta pesquisa, com estudantes ingressantes do ensino médio, me permitindo identificar nas explicações deles, compreensões diferentes daquelas que são almejadas pelos estudos da química, que se tornaram referência para a elaboração da proposta de ensino e aprendizagem do capítulo seguinte.

A pesquisa mostra que os estudantes empregam, quase que exclusivamente, o que é perceptível a nível macroscópico para interpretar as situações problematizadas nas quatro histórias e na resolução de problemas em lápis e papel, e quando tentam usar conceitos estudados anteriormente nas aulas de química e/ou ciências, explicitam confusões importantes oriundas da assimilação inadequada dos conceitos quando comparados ao que é cientificamente aceito, indicando aprendizagens que podem constituir-se como obstáculos para a compreensão dos modelos propostos pela química para interpretar a realidade. Ficou evidente que os estudantes não têm consciência dos distintos níveis representacionais utilizados nos estudos da química, níveis esses que comportam a suposição de modelos que ultrapassam apenas o que é percebido no macroscópico, com representações por meio de equações, fórmulas, partículas (nos níveis simbólico e submicroscópico) tornando possível interpretação de fenômenos em graus de complexidade que oportunizam, por exemplo, a análise da conservação da matéria e não conservação das substâncias nas reações químicas, concebidas nas equações que reproduzem esses processos em uma linguagem característica da química.

O estudo de caso apresentado no segundo capítulo permitiu diagnosticar, dentre as ideias dos estudantes estruturadas a partir do que é perceptível (macro), e que limitam a compreensão dos processos analisados, as seguintes explicações para as transformações químicas: a) as substâncias apresentam propriedades específicas que determinam o seu comportamento; b) a formação de um precipitado como uma separação de misturas; c) a matéria pode desaparecer durante o processo; d) as

substâncias mudam de lugar ou são substituídas durante o processo; e) sempre que duas ou mais substâncias são colocadas em contato há uma reação química; f) reações químicas somente acontecerão entre líquidos; g) gases são desconsiderados nas análises dos processos; h) a massa de gases é desconsiderada nos processos; i) características anímicas são atribuídas às substâncias; j) a mudança na aparência das substâncias é interpretada como a formação de novas substâncias. Além disso, teorias provenientes de misturas entre as noções individuais e os conceitos científicos também foram evidenciadas: a) a transmutação da matéria durante a reação química; b) a irreversibilidade das reações químicas; c) uma substância é adicionada a outra durante a reação química; d) confusões entre os conceitos massa, volume e densidade; e) a formação de uma nova substância interpretada como uma mudança de estado físico da mesma substância; f) a conservação da matéria sem conservação da massa durante a reação; g) a indiferenciação entre os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico nos desenhos elaborados para representar uma reação química.

Assim, ao retomar esse diagnóstico para a tessitura das considerações finais, quero destacar, por meio das diferentes ideias explicitadas pelos estudantes, a complexidade que envolve o processo de construção de conceitos abstratos que fundamentam os estudos da química, processo esse desconsiderado por parte dos professores no primeiro estudo de caso. Essa complexidade abarca a tomada de consciência por parte dos estudantes sobre suas teorias individuais e ainda, sobre a utilização de sistemas de representação para além do que o observável pode nos oferecer, com a elaboração de modelos que precisam ser comparados, diferenciados e integrados, de modo que esses estudantes consigam reinterpretar os fatos a partir de princípios inicialmente desconhecidos. Todavia, acredito que essa tomada de consciência se dá de forma gradativa, e pressupõe a cooperação do professor, profissional propositor, avaliador e corresponsável desse processo.

Desde o princípio desta investigação, minhas inquietações estiveram voltadas para estudantes que iniciam os estudos da química, ao ingressarem no ensino médio, ou antes, quando é oportunizada uma introdução à química na proposta curricular da oitava série/nono ano do ensino fundamental, dessa forma, com os resultados do diagnóstico passei a refletir sobre pressupostos que poderiam fundamentar uma PEA para estudantes que estão iniciando o ensino médio.

As experiências vivenciadas na utilização da resolução de problemas (POZO e PÉREZ ECHEVERRÍA, 1998) e da contra sugestão (DELVAL, 2002; CHARLOT-BLANC, 1997), como estratégias metodológicas para conhecer as ideias dos estudantes, possibilitou que eu reconhecesse o alto potencial que elas têm ao estabelecerem um espaço dialógico entre o professor e o estudante, que é motivado a explicitar suas teorias, elaborar argumentações, refletir sobre distintas explicações para o mesmo fato, enfim participar ativamente da (re)construção de conhecimentos. Nesse contexto, defendo essas estratégias metodológicas como meios para oportunizar aos

estudantes condições para a assimilação de novos elementos à sua estrutura psicológica modificando-a, e criando novas possibilidades para perceber as situações que são ou serão objeto de estudo. Ademais, as formas de representação, organizadas por níveis (JOHNSTONE, 2000), em conjunto com os dois núcleos conceituais (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009; GÓMEZ CRESPO, POZO e GUITIÉRREZ JULIÁN, 2004; GÓMEZ CRESPO, 1996; GÓMEZ CRESPO et al, 1992), possibilitaram o entrelaçamento de pressupostos fundamentais para fomentar a interação entre os estudantes e modelos de interpretação para o estudo das transformações químicas em distintos níveis de representação.

Os resultados obtidos com o desenvolvimento da PEA, com estudantes ingressantes no ensino médio, respaldam a tese defendida neste trabalho na medida em que permitiram a percepção das aprendizagens realizadas pelos estudantes ao mobilizarem novos conhecimentos e ao buscarem utilizá-los ao longo da proposição das atividades organizadas para a compreensão das transformações químicas. Esta implica na necessidade de que os estudantes tenham consciência sobre as diferenças entre suas teorias individuais, fundamentadas quase que exclusivamente no que é perceptível pelos sentidos, e as teorias que são objeto de estudo nas aulas de química, estruturadas por modelos pautados pelos níveis de representação simbólico e submicroscópico.

O estudo de caso realizado deixa evidências sobre a ampliação no uso de modelos, em diferentes níveis, efetuada pelos estudantes ao longo dos quatro encontros vivenciados, corroborando com o pensamento de que aprender novos conhecimentos não corresponde a abandonar os elaborados anteriormente, mas sim, reestruturá-los em níveis distintos de complexidade. Esse processo, caracterizado por esta pesquisa como mudança conceitual, permite pensar sobre a quantidade e qualidade de novas construções que podem ser realizadas por estudantes que tiverem a oportunidade desde o início do ensino médio diferenciar esses modelos e, a partir da sua compreensão cada vez mais complexificada, generalizá-los, aplicando-os aos novos conteúdos que serão estudados ao longo de todo o ensino médio na disciplina de química.

Ao defender a importância da elaboração de propostas estruturadas pelos pressupostos utilizados na PEA desde os primeiros contatos com os estudos da química relacionados às transformações químicas, argumento a favor de oportunizar aos estudantes trilhar caminhos, como os que foram evidenciados no estudo de caso do terceiro capítulo, em que a compreensão inicial da matéria como contínua e estática, é modificada pelo entendimento do modelo corpuscular da matéria, pelo qual o estudante passa a admitir que a matéria é constituída por partículas, em contínuo movimento, e que entre elas não há absolutamente nada (vazio). Todavia, o reconhecimento desse modelo vai acontecer de modo diferente para cada sujeito, e conforme foi analisado nos resultados desta pesquisa, passando por distintas

interpretações que se caracterizam por confusões entre as teorias individuais dos estudantes (baseadas principalmente no que é perceptível) e os modelos utilizados pela química (níveis simbólico e submicroscópico), confusões estas que fazem com que os estudantes atribuam às partículas características como as que são observadas a nível macroscópico, com interpretações que variam de acordo com as situações estudadas, mostrando, assim dificuldades em diferenciar os modelos.

Entendo que essas interpretações, consideradas erros conceituais, fazem parte do processo de aprendizagem e que, pela intervenção do professor consciente das interpretações explicitadas por seus estudantes, é possível elaborar aulas que levem os estudantes a compreensão da matéria como um sistema de interação entre partículas. Do mesmo modo, tempos e espaços distintos serão necessários para que estudantes entendam a conservação das propriedades não observáveis, pois eles precisam relacionar conceitos dentro de um modelo que requer a construção das noções de interação e equilíbrio.

Destaco aqui, como uma tomada de consciência que realizei durante o desenvolvimento do terceiro estudo de caso, em função da resistência à exposição de ideias apresentada pela estudante Laura, a relevância do emprego de atividades que motivem o estudante a explicitar suas compreensões sobre o que está sendo estudado. Dentre os quatro estudantes que participaram do estudo, Laura mostrou dificuldades em compartilhar suas teorias individuais, e isso dificultou o diagnóstico por parte da professora para as intervenções necessárias na sequência dos encontros, assim como a própria tomada de consciência por parte da estudante sobre as suas noções a respeito dos fatos em análise. Embora esta investigação não contemple a análise de questões afetivas e sociais inerentes ao contexto escolar, gostaria de salientar o quanto o professor precisa estar atento às dificuldades dos estudantes no que diz respeito à socialização de suas ideias, pois, para que o estudante consiga compreender as diferenças entre os conhecimentos que ele já construiu ao longo da sua vida, e que utiliza na maioria das vezes de forma inconsciente, e os conhecimentos que são objeto de estudo durante as aulas de química, ele precisa deparar-se com atividades que o ajudem a mobilizar e explicitar seus modelos, suas ideias e entendimentos sobre a situação em estudo, pois quanto mais consciência tomamos do que sabemos, maiores são as possibilidades de compreensão do que fazemos.

Argumento, assim, por uma aprendizagem intencional, em que os estudantes atuem de forma consciente e responsável na construção dos próprios conhecimentos, fato que foi evidenciado no estudo de caso realizado, em que os estudantes mostraram, por caminhos diferentes, a capacidade de gradativamente entender, comparar e utilizar modelos complexos durante a realização das atividades.

Diante dos resultados encontrados com o desenvolvimento da PEA, posso afirmar que embora esses caminhos trilhados pelos estudantes exijam tempo e espaços distintos, eles são surpreendentes e motivadores tanto para professores

quanto para estudantes, e permitem assinalar a hipótese de que, a sua continuidade na extensão dos três anos de ensino médio, permitirá a construção de novos conhecimentos que estruturarão modelos consistentes e generalizáveis aos demais temas de estudo que envolvem transformações químicas, como é o caso da cinética química, termoquímica, entre outros. Por isso, como sequência desse estudo, pretendo organizar PEAs para serem desenvolvidas com turmas de estudantes do primeiro ano do ensino médio, desde as aulas iniciais, e acompanhar as construções realizadas por eles no contexto da sala de aula, objetivando ampliar a discussão e as reflexões desta tese.

Além disso, com as possibilidades de divulgação, utilização e avaliação do objeto educacional PensaQui, uma ferramenta desenvolvida como produto desta tese, pretendo organizar e realizar já no início do próximo ano dois projetos complementares. Em um deles, vou avaliar a usabilidade do PensaQui com turmas do primeiro ano do ensino médio, em diferentes proposições, como desencadeador do estudo das transformações químicas e como estratégia de avaliação de estudos já realizados anteriormente sobre o mesmo tema. No outro projeto, de extensão, almejo acompanhar a utilização do PensaQui por outros professores de química do ensino médio, que serão convidados a participar de um curso de formação continuada onde pretendo compartilhar e refletir a respeito da importância dos conhecimentos construídos na elaboração desta tese.

Referências

- ANDERSSON, B. Pupils' Explanations of Some Aspects of Chemical Reactions. *Science Educacion*. 70 (5), 1986, p. 549 – 563.
- _____. Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 1990, p. 53-58.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Edições 70, LDA: Lisboa, 2009.
- BARKER, V. Concepções Espontâneas dos alunos sobre conceitos básicos de química. 2000. Disponível em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao.htm>. Acesso em: 10 abr. 2012.
- BENLLOCH, M. *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid : Visor, 1997.
- BRANDÃO DA LUZ, J. L. A imaginação e a criatividade na teoria piagetiana do desenvolvimento da inteligência. *Educação e Realidade*, 19(1): 61-70, 1994.
- BRASIL. Referenciais para a formação de professores. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Fundamental, 2002.
- BRASIL. Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da Natureza e suas tecnologias. Secretaria da Educação Básica. Brasília : Ministério da Educação, 2006.
- CARNEIRO, M. L. F.; SILVEIRA, M.S. Objetos de aprendizagem sob o ponto de vista dos alunos: um estudo de caso. *Revista Novas Tecnologias na Educação*. CINTED/UFRGS. v 10, n 3. Dez. 2012. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/renote/>. Acesso em: 03 de julho de 2014.
- CHARLOT - BLANC, A, C. *Introdução a Jean Piaget*. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.
- CHASSOT, A. *A ciência através dos Tempos*. São Paulo: Moderna, 1994.
- COLLARES, D. *Epistemologia Genética e Pesquisa Docente*. Estudo das ações no contexto escolar. Lisboa: Instituto Piaget, 2003.
- DELVAL, J. *Aprender a aprender*. Campinas: Papyrus, 1997.
- _____. *Crescer e Pensar: A construção do conhecimento na escola*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- _____. *Introdução à prática do método clínico*. Descobrendo o pensamento das crianças. Porto Alegre: Artmed, 2002.

DRIVER, R. Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas. In: Ideas científicas em la infancia y la adolescência. DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHIE, A.(orgs). Madrid: Ediciones Morata, S.A. Centro de Publicaciones del Ministerio de educación y ciência,1992.

EQUILÍBRIO químico. Dirección e produção: Francisco Teixeira. Narración: Valda Rocha. Áudio: Daniel Guedes Evangelista. Argumento e texto: Francisco Teixeira e Luiz Henrique Ferreira. Realização: Laboratório de Ensino-Aprendizagem de Química (LENAQ) do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fX9d4XbAMRU>. Acesso em: 12 de julho de 2013.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o Fazer Ciência. Química Nova na Escola, n. 28, maio 2008, p. 32 – 36.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa. 14 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

FURIÓ, C. J. Las concepciones alternativas del alumno en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados e tendencias. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales,7, 1996, p. 7-17.

GARCIA, R. Criar e compreender: A concepção piagetiana do conhecimento. Substratum: Temas fundamentais em Psicologia e Educação. Porto Alegre: Artes médicas, 1997.

GÓMEZ CRESPO, M. A. Ideas y dificultades em el aprendizaje de la química. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales. n. 7, 1996, p.37 – 44.

_____. Aprendizaje e instrucción en Química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia. Tesis doctoral. Ministerio de Educación, Política Social e Deporte. Secretaría de Estado de Educación y Formación. Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE). Edita: Secretaría General Técnica, 2008.

GÓMEZ CRESPO, M. A.; POZO, J. I.; GUTIÉRREZ JULIÁN, M. S. Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. Educación Química, n.15 , 3, jul, 2004, p. 198 - 209.

GÓMEZ CRESPO, M. A.; POZO, J. I.; SANZ, A.; LIMÓN, M. La estructura de los conocimientos previos en Química: una propuesta de núcleos conceptuales. Investigación en la Escuela, n.18, 1992, p. 21 – 40.

HERRON, J. Piaget para químicos. 1975. Disponível em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao.htm>. Acesso em: 26 mar. 2012.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. The School Science Review, 1982, p. 377 – 379.

- _____. Teaching of Chemistry – Logical or Psychological? Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 2000, p. 9 – 15.
- JUSTI, R. S. A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas? Revista Química Nova na Escola. N.7. maio 1998. P.26-29.
- LÉON, O. G.; MONTERO, I. Métodos de investigación em Psicología y Educación. 3 ed. Madrid: McGraw-Hill, 2003.
- LOGUERCIO, R.Q.; DEL PINO, J.C. Contribuições da história e da filosofia da ciência para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. Revista Actascientiae. V.8, n.1. Jan./jun. 2006, p.67-77. Disponível em http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/delpino/ACTA_2.pdf. Acesso em 24 de abril de 2013.
- LOPES, A. R. C. Reações Químicas: fenômeno, transformação e representação. Revista Química Nova na Escola, n. 2. nov. 1995, p.7-9.
- _____. Conhecimento Escolar: Ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.
- _____. Currículo e Epistemologia. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- KATO, D.S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. Ciência & Educação, v. 17, n. 1, 2011. p. 35-50.
- MERÇON, F.; GUIMARÃES, P.I.C.; MAINIER, F.B. Sistemas Experimentais para estudo da corrosão em metais. Química Nova na Escola. Vol 33, n.1, fev. 2011, p. 57-60.
- MONTEIRO, A. M. F. C. Professores: entre saberes e práticas. Revista Educação e Sociedade. Ano XXII, n. 74, abril 2001, p. 121-142.
- MORAES, Roque. Análise de conteúdo. *Revista Educação*, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.
- MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas. Revista Química Nova na Escola, n. 2. nov. 1995, p.23-26.
- NUNES, C. M. F. Saberes docentes e formação de professores: um breve panorama da pesquisa brasileira. Educação e Sociedade. Ano XXII, n 74, abril 2001. p 27-42.
- OLIVEIRA, M. L. Contribuições da psicanálise para a compreensão da criatividade. In: Vasconcellos, Mario Sérgio (org). Criatividade: Psicologia, Educação e Conhecimento do Novo. São Paulo: Moderna, 2001.

PARRAT - DAYAN, S. Gênio e Criatividade. . In: Vasconcellos, Mario Sérgio (org). Criatividade: Psicologia, Educação e Conhecimento do Novo. São Paulo: Moderna, 2001.

_____. A teoria de Piaget sobre a causalidade. In: Conhecimento e Mudança: os modelos organizadores na construção do conhecimento. MORENO, M.; SASTRE, G.; BOVET, M.; LEAL, A.(orgs). São Paulo: Moderna; Campinas: Editora da Universidade de Campinas, 2000.

PASSEIO de balão. Produção rr balões promocionais – voos turísticos. Sorocaba, 2010 . Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=o624NuO008M>. Acesso em: 10 de julho de 2013.

PIAGET, J. INHELDER, B. O desenvolvimento das quantidades físicas na criança. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1983.

PIAGET, J. Criatividade. In: Vasconcellos, Mario Sérgio (org). Criatividade: Psicologia, Educação e Conhecimento do Novo. São Paulo: Moderna, 2001.

POZO, J.I. Mas allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. Revista Enseñanza de las ciencias. 17(3), 1999, p.513 – 520.

_____.La adquisición de conocimiento científico como um proceso de cambio representacional. Investigações em ensino de ciências, 7(3), 2002, p. 245-270.

_____. Aprendices y Maestros. La psicología cognitiva de aprendizaje. 2 ed. Madrid: Alianza Editorial S. A., 2008.

POZO, J. I.;GÓMEZ CRESPO, M. A. A aprendizagem e o ensino de ciências. Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

_____.A falta de motivação dos alunos pelas ciências. Revista Pátio. Ano IV, n 12, março/maio 2012, p.6-9.

POZO, J. I.; PÉREZ ECHEVERRÍA, M.D.P. Aprender a Resolver Problemas e Resolver problemas para aprender. In: POZO, J. I (Ed.). A Solução de Problemas. Aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artmed, 1998.

POZO, J.I.; SCHEUER, N.; PÉREZ ECHEVERRÍA, M. P.; MATEOS, M.; MARTÍN, E.; CRUZ, M de la. Nuevas Formas de Pensar la Enseñanza y el aprendizaje: Las concepciones de profesores y alumnos. Barcelona: Editorial Graó, 2006.

QUADROS, A. L.; SILVA, D.C.; ANDRADE, F.P.; ALEME, H.G.; OLIVEIRA, S.R.; SILVA, G.F. Ensinar e aprender química: a percepção dos professores do Ensino Médio.Educar em Revista, Curitiba, n. 40, p. 159-176, abr./jun. 2011

ROSA,M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. Revista Química Nova na Escola, n. 8. nov. 1995, p. 31-35.

ROSA, M. I. F. P. S. A evolução de ideias de alunos de 1º ano do ensino médio sobre o conceito de transformação química numa abordagem construtivista. Dissertação de Mestrado. Campinas. Faculdade de Educação da Unicamp, 1996, disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000105290&fd=y>, acesso em 11 de setembro de 2012.

SAMPAIO, Romilson Lopes; ALMEIDA, Ana Rita Silva. Aprendendo matemática com objetos de aprendizagem. *Ciência & Cognição*. V 15, N 1, 2010.

SHULMAN, L.S. Conocimiento y enseñanza: fundamentos de La nueva reforma. *Professorado. Revista de currículum e formación del profesorado*, 9, 2, 2005. Disponível em: <http://www.ugr.es/local/recfpro/Rev92ART1.pdf>. Acesso em 20 de fev. de 2013.

SILVA, D. R. A escola como lugar para pesquisar e usufruir da pesquisa. In: *Caminhos Reflexivos da Pesquisa Docente*. COLLARES, D.; ELIAS, C.R. (orgs). Curitiba: Honoris Causa, 2011.

SILVA, D. R. Resolver Problemas a partir de uma proposta pedagógica contextualizada com a realidade dos alunos: uma possibilidade para o ensino de ciências. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Porto Alegre, 2008.

SILVA, D.R.; DEL PINO, J.C. Algunas Reflexiones sobre La relación entre El uso de resolución de problemas como estrategia metodológica para La enseñanza de ciencias en La educación primaria y los cambios de comportamiento del grupo em estudio. *Revista Eureka sobre enseñanza e divulgacion de Las ciencias*. 6 (2), 2009, p. 232-246.

SILVA, M. A. E.; PITOMBO, L. R.M. Como os alunos entendem queima e combustão: contribuições a partir das representações sociais. *Revista Química Nova na Escola*, n.23, maio de 2006, p. 23-26.

TARDIF, M. *Saberes Docentes e Formação Profissional*. 9 ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M. C. J. M.; TAMUSIUNAS, F.R. Reusabilidade de Objetos Educacionais. *Revista Novas Tecnologias na Educação*. CINTED/UFRGS. v 1, n 1. Fev. 2003. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/renote/>. Acesso em: 03 de julho de 2014.

VIEIRA, C. E. M.; NICOLEIT, E. R. Desenvolvimento de Objeto de Aprendizagem, baseado em especificações de Normatização SCORM, para o caso de suporte à aprendizagem de funções. *Revista Novas Tecnologias na Educação*. CINTED/UFRGS. v. 5, n. 1., jul. 2007. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/renote/>. Acesso em: 04 de julho de 2014.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. *The instructional use of learning objects*. Bloomington: AECT, 2002. Disponível em: <http://reusability.org/read/>. Acesso em: 12 jun. 2014.

ZEICHNER, K.M. Uma análise crítica sobre a “reflexão” como conceito estruturante na formação docente. Revista Educação e Sociedade. Vol.29, n. 103, maio/ago. 2008, p. 535-554. Disponível em <http://www.cedes.unicamp.br>. Acesso em 10 de fev. de 2013

APÊNDICE 1

Quadro com síntese da PEA

Encontros	Núcleos conceituais	Formas de abordagem	Atividades	Objetivos	Estratégias	Principais Conceitos relacionados
E1	Matéria como algo descontínuo.	Macro; Simbólico.	E1A1- Contação da história “Bolhas na vida de Maria Clara” com posterior entrevista para diagnóstico das concepções do estudante; E1A2- Estudo de Vídeo sobre o ciclo da água na natureza; E1A3- Atividade experimental: expansão do ar.	-Que o estudante seja capaz de: E1A1- Explicitar suas noções a respeito de um processo envolvendo uma mudança de estado físico, e um outro processo envolvendo uma transformação química. E1A2- Analisar as mudanças de estado físico da água, diferenciando os níveis macroscópico e simbólico em uma mesma situação de estudo. E1A3- Explicitar suas noções a respeito de uma atividade prática onde há aumento do volume ocupado pelo ar em função do aumento da temperatura.	E1A1- contra-sugestão; E1A2- explicação utilizando o simbólico para representar o macroscópico; E1A3- resolução de problema.	-Estados físicos da matéria; -Transformações dos estados físicos da matéria; -Reações químicas; -Variação do volume ocupado pelo ar em função da variação da temperatura.
E2	Matéria como algo descontínuo.	Macro; Simbólico; Submicro.	E2A1- Espaço para questionamentos ou exposição de ideias relacionadas ao encontro anterior; E2A2– Análise de um vídeo para o estudo do funcionamento de um balão de passeio. E2A3 – Estudo da compressão e expansão das moléculas no botijão de gás propano que é utilizado para aquecer o ar que irá inflar o balão de passeio. E2A4 – Análise de desenhos de outros estudantes com representações a nível submicroscópico.	E2A1- Retomar ideias ou questionamentos relacionados ao encontro anterior. E2A2- Conhecer, a partir de uma situação do cotidiano o modelo cinético corpuscular da matéria. E2A2– Reelaborar explicações a respeito da E1A3 utilizando o que foi compreendido do modelo cinético corpuscular da matéria apresentado. E2A3- Elaborar explicações para uma situação do cotidiano contemplando o nível de representação submicroscópico. E2A4- Avaliar representações que indicam compreensões distintas a respeito do modelo corpuscular da matéria.	E2A1- explicitação de ideias; E2A2-explicação utilizando o simbólico e o submicroscópico para representar o macroscópico; E2A3-Resolução de problema; E2A4- exercício extraclasse.	-Variação do volume ocupado pelo ar em função da variação da temperatura. -Variação do volume ocupado pelo propano em função da variação da pressão.
				E3A1- Retomar ideias ou questionamentos relacionados ao encontro anterior.		

E3	Matéria como algo descontínuo; Conservação de propriedades não observáveis.	Macro; Simbólico.	E3A1- Espaço para questionamentos ou exposição de ideias relacionadas ao encontro anterior; E3A2- Retomada do exemplo do balão de passeio para analisar a combustão do propano; E3A3- Retomada do fato 1 da história contada no primeiro encontro: Efervescência do comprimido.	E3A2- Analisar, por meio de equações químicas (simbólico), informações que caracterizam as reações químicas. E3A2 e E3A3- Comparar transformações físicas e reações químicas por meio do simbólico, reconhecendo a conservação e a não conservação das substâncias. E3A3- Comparar os níveis macroscópico e simbólico em situações envolvendo reações químicas, buscando identificar diferenças entre o que é perceptível pelos sentidos e o modelo de representação utilizado na linguagem química.	E3A1- explicitação de ideias; E3A2- explicação a partir de perguntas organizadas em um exercício; E3A3- contra-sugestão e Resolução de problema.	-Reações químicas: não conservação das substâncias; interação entre as substâncias, conservação do número de partículas constituintes das substâncias; -Comparação entre transformações físicas e químicas.
E4	Matéria como algo descontínuo; Conservação de propriedades não observáveis.	Macro; Simbólico; Submicro.	E4A1- Espaço para questionamentos ou exposição de ideias relacionadas ao encontro anterior; E4A2- Análise de uma animação oportunizada por softwares computacionais onde é apresentada uma representação a nível submicroscópico para uma reação química; E4A3- Atividade experimental: Dissolução de uma colher de açúcar em um copo com água; E4A4- Atividade experimental: Utilizar hidróxido de bário com carbonato de sódio para realizar uma reação de precipitação.	E4A1- Retomar ideias ou questionamentos relacionados ao encontro anterior; E4A2- Elaborar a representação de uma transformação química a nível submicroscópico. E4A2- Compreender a possibilidade de reversibilidade nas transformações químicas. E4A3 – Elaborar representações (simbólico e submicroscópico) para uma dissolução. E4A3 e E4A4 - Compreender a conservação da massa durante as transformações físicas e químicas. E4A3 e E4A4 – Utilizar informações dos níveis simbólico e submicroscópico para diferenciar os conceitos misturar e reagir. E4A4 – Comparar informações dos níveis macroscópico e simbólico em uma reação química. E4A4- Evidenciar a não conservação da substância durante uma reação química, além da conservação da matéria.	E4A1- explicitação de ideias; E4A2-Explicação relacionando o macroscópico, o simbólico e o submicroscópico; E4A3- Resolução de problema; E4A4- Resolução de problema.	-Reações químicas: não conservação das substâncias, interação entre as substâncias, conservação do número partículas constituintes das substâncias, reversibilidade, conservação da massa; -Dissolução de um sólido em um líquido: conservação das substâncias. -Comparação entre transformações físicas e químicas.

APÊNDICE 2
Termos de Consentimento

Termo de consentimento

Eu, _____ responsável (Pai/Mãe) pelo estudante _____, do Curso técnico em _____ Integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal do Rio Grande do Sul – *Campus* Canoas, declaro por meio deste, que concordei que o (a) estudante participe da pesquisa intitulada “A resolução de problemas como estratégia de aprendizagem em química: um estudo de caso no IFRS – Campus Canoas”, desenvolvida pela pesquisadora – professora Msc. Daniela Rodrigues da Silva, a qual tem como Orientador o Prof. Dr José Cláudio Del Pino (UFRGS).

Fui informado (a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que em linhas gerais é analisar, de forma processual, aspectos de aprendizagem de conceitos fundamentais vinculados às transformações químicas, por estudantes de nível médio pertencentes à modalidade integrada, buscando as possíveis relações entre as construções realizadas e o processo criativo inerente às ações.

A colaboração dos estudantes se fará por meio de entrevista, atividades de ensino e aprendizagem, por exemplo, experimentações em laboratório, em que ele (ela) será observado(a) e sua produção analisada. No caso de fotos e vídeos, obtidos durante a participação do(a) estudante, autorizo que sejam utilizadas em atividades acadêmicas, tais como artigos científicos, palestras, seminários, sites acadêmicos, e outros, e de maneira que as informações oferecidas pelo (a) estudante sejam identificadas por nomes fictícios.

Estou ciente que, caso eu tenha dúvidas, ou me sinta prejudicado (a), poderei contatar a professora pelo telefone: (51) 97394727 e/ou por e-mail: daniela.silva@canoas.ifrs.edu.br, ou pessoalmente no *Campus* Canoas do Instituto Federal do Rio Grande do Sul.

Eu fui, ainda, informado (a) que o (a) estudante pode se retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Os (as) estudantes que participarem de todas as etapas da pesquisa receberão, ao final do período, um certificado de participação, com carga horária total de 20h, onde constará a sua participação voluntária no projeto, emitido através da coordenação de pesquisa e inovação do *Campus* Canoas.

Canoas, _____ de _____ de 2011.

Assinatura do(a) responsável: _____

Assinatura do (a) estudante: _____

Assinatura do Orientador da Pesquisa: _____

Termo de consentimento

Eu, _____ responsável
(Pai/Mãe) pelo(a) estudante _____, do Ensino Médio da Escola Estadual XXXXXXXXXXXX, do turno da manhã, declaro por meio deste, que concordei que o (a) estudante participe da pesquisa intitulada “O processo criativo na aprendizagem das transformações químicas: uma proposta para estudantes construírem novos conhecimentos na educação básica”, desenvolvida pela pesquisadora – professora Msc. Daniela Rodrigues da Silva, a qual tem como Orientador o Prof. Dr José Cláudio Del Pino da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Fui informado (a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que em linhas gerais é analisar, de forma processual, aspectos de aprendizagem de conceitos fundamentais vinculados às transformações químicas, por estudantes de nível médio, buscando as possíveis relações entre as construções realizadas e o processo criativo inerente às ações.

A colaboração dos estudantes se fará por meio de entrevista, atividades de ensino e aprendizagem, por exemplo, resolução de problemas, em que ele (ela) será observado(a) e sua produção analisada. No caso de fotos e vídeos, obtidos durante a participação do(a) estudante, autorizo que sejam utilizadas em atividades acadêmicas, tais como artigos científicos, palestras, seminários, sites acadêmicos, e outros, e de maneira que as informações oferecidas pelo (a) estudante sejam identificadas por nomes fictícios.

Estou ciente que, caso eu tenha dúvidas, ou me sinta prejudicado (a), poderei contatar a professora pelo telefone: (51) 3415 8200 e/ou por e-mail: daniela.silva@canoas.ifrs.edu.br.

Eu fui, ainda, informado (a) que o (a) estudante pode se retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2013.

Assinatura do(a) responsável: _____

Assinatura do (a) estudante: _____

Assinatura do Orientador da Pesquisa: _____

APÊNDICE 3

Pré- teste e Pós-teste

Pré-teste

A ciência moderna tem demonstrado que todas as substâncias que conhecemos são formadas por partículas muito pequenas que não podemos ver (a água seria formada por partículas de água, um plástico por partículas de plástico, etc.)

ADVERTÊNCIA: No entanto, em algumas situações, as partículas que formam estas substâncias podem ter outra denominação, para este questionário todas serão chamadas com o nome da própria substância (por exemplo, diremos que a água é formada por partículas de água).

Marque a opção que você considera mais correta para cada questão. Caso você queira compartilhar alguma dúvida ou ideia sobre qualquer uma das questões, você pode fazê-lo por escrito no espaço chamado observações, localizado no final do questionário.

1) Temos um copo cheio de água, em repouso sobre uma mesa. O que você acredita que há entre as partículas de água?

- A. Nada, não há espaço entre as partículas. Estão muito juntas umas das outras.
- B. Um espaço livre entre as partículas em que não há nada.
- C. Mais água.
- D. Ar que preenche o espaço livre entre as partículas.
- E. Outra substância diferente.

2) Temos uma faca feita de ferro. O que você acredita que há entre as partículas que formam o ferro?

- A. Nada, não há espaço entre as partículas. Estão muito juntas umas das outras.
- B. Um espaço livre entre as partículas em que não há nada.
- C. Mais ferro.
- D. Ar que preenche o espaço livre entre as partículas.
- E. Outra substância diferente.

3) Uma criança tem, para brincar, um balão daqueles que sobem com facilidade e escapam. O balão está cheio de um gás chamado hélio. O que você acredita que há entre as partículas que formam o gás hélio?

- A. Nada, não há espaço entre as partículas. Estão muito juntas umas das outras.
- B. Um espaço livre entre as partículas em que não há nada.
- C. Mais hélio.
- D. Ar que preenche o espaço livre entre as partículas.
- E. Outra substância diferente.

Como já dissemos, a ciência moderna tem demonstrado que todas as substâncias que conhecemos são formadas por partículas muito pequenas que não podemos ver. A

dúvida que temos é se as partículas estão sempre quietas ou sempre se movimentando, ou se apenas se movimentarão ao agitar o recipiente que as contém etc.

4. Em um prato temos um pedaço de manteiga que acabamos de cortar com uma faca. Na sua opinião, como estão as partículas que formam a manteiga?

A. Estão sempre quietas. Imóveis.

B. Somente se movem se agitarmos o pedaço de manteiga.

C. Estão sempre movendo-se.

D. Se movimentam apenas se outras substâncias, os aditivos da manteiga, as empurram.

5. Uma criança tem, para brincar, um balão daqueles que sobem e escapam. Um vendedor acaba de encher o balão com um gás chamado hélio e depois fechou o balão com um nó. Na sua opinião, como estarão as partículas que forma o gás hélio no interior do balão?

A. Estão sempre quietas. Imóveis.

B. Somente se movem se agitarmos o balão.

C. Estão sempre movendo-se.

D. Se movimentam quando o ar as empurra.

6. Temos um copo cheio de água, parado sobre a mesa. Na sua opinião, como estarão as partículas que formam a água contida no copo?

A. Estão sempre quietas. Imóveis.

B. Somente se movem se agitarmos o copo.

C. Estão sempre movendo-se.

D. Se movimentam quando o ar dissolvido na água as empurra.

Nas seguintes perguntas são apresentadas situações em que diferentes substâncias experimentam alguma transformação. A pergunta que se faz em cada caso é: Você acredita que isso ocorre por quê?

7. Em um prato temos um pedaço de manteiga. Observamos que quando esquentamos o prato, a manteiga se funde e um líquido amarelo fica no fundo do prato. Você acredita que isso acontece por quê?

A. Com o calor, a manteiga amolece e suas partículas se convertem em outra substância (um líquido).

B. Com o calor as partículas de manteiga se derretem e se convertem em líquido.

C. Com o calor, as partículas do líquido que estavam retidas na manteiga vão escapando-se.

D.Com o calor, as partículas de manteiga movem-se mais depressa e se separam umas das outras, dando lugar ao líquido.

8.Quando adicionamos uma gota de tinta em um copo com água, a gota faz uma pequena mancha. Se deixarmos o copo em repouso observamos que depois de certo tempo a água estará totalmente escura. Você acha que isso ocorre por quê?

- A.As partículas de tinta vão se introduzindo no interior das partículas de água.
- B.As partículas de água se tingem com a tinta e mudam de cor.
- C.As partículas de tinta se rompem e liberam uma substância que mancha a água.
- D.As partículas das duas substâncias se movem e vão se misturando.

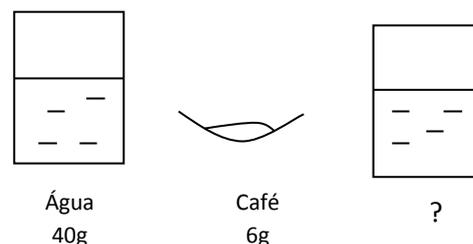
9.Quando deixamos um prego em uma janela, ao final de uns dias ele está oxidado com um aspecto poroso e uma cor escura. Você acredita que isso acontece por quê?

- A.As partículas de ferro se transformam em partículas de outra substância, o óxido.
- B.As partículas de ferro se tornam porosas e se escurecem.
- C.O contato com o ar faz com que saiam para fora as partículas de óxido que estavam entre as de ferro.
- D.As partículas de ar chocam-se com as partículas de ferro e se combinam para formar o óxido.

Para as perguntas seguintes, são apresentadas situações que envolvem quantidade de massa das substâncias.

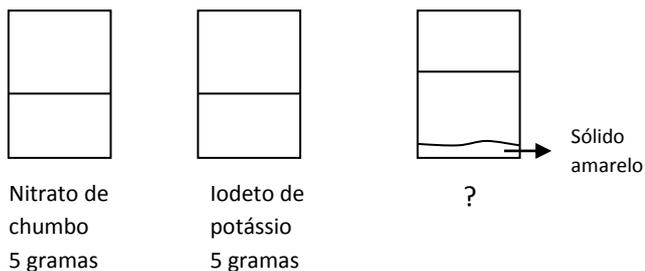
10.O desenho mostra um copo que contém 40 gramas de água e um recipiente com 6 gramas de café solúvel. Se colocarmos o café na água e mexermos até que se dissolva totalmente, obtemos uma solução de cor escura. Na sua opinião, qual será a massa do conteúdo do copo agora?

- A. 40 gramas.
- B. Um valor compreendido entre 40 e 46 gramas.
- C. 46 gramas.
- D. Mais de 46 gramas.



11)O desenho a seguir mostra duas substância incolores em frascos diferentes (5 gramas de nitrato de chumbo e 5 gramas de iodeto de potássio, ambos dissolvidos em água). Quando elas são colocadas no mesmo frasco, forma-se um sólido amarelo (fica no fundo do frasco), conforme a figura. Na sua opinião, qual será a massa resultante no frasco com as duas substâncias? OBS: a massa dos frascos onde as substâncias estão devem ser desconsideradas.

- A. 10 gramas.
- B. Maior que 10 gramas.
- C. Menor que 10 gramas.



Observações: _____

Pós – teste

A ciência moderna tem demonstrado que todas as substâncias que conhecemos são formadas por partículas muito pequenas que não podemos ver (a água seria formada por partículas de água, um plástico por partículas de plástico, etc.)

ADVERTÊNCIA: No entanto, em algumas situações, as partículas que formam estas substâncias podem ter outra denominação, para este questionário todas serão chamadas com o nome da própria substância (por exemplo, diremos que a água é formada por partículas de água).

Marque a opção que você considera mais correta para cada questão. Caso você queira compartilhar alguma dúvida ou ideia sobre qualquer uma das questões, você pode fazê-lo por escrito no espaço chamado observações, localizado no final do questionário.

1) Em um armário de uma casa há uma garrafa de azeite de oliva puro. O que você acredita que há entre as partículas que forma o azeite contido na garrafa?

- A. Nada, não há espaço entre as partículas. Estão muito juntas umas das outras.
- B. Um espaço livre entre as partículas em que não há nada.
- C. Mais azeite.
- D. Ar que preenche o espaço livre entre as partículas.
- E. Outra substância diferente.

2) Nos hospitais há botijões de aço que contem oxigênio para tratar dos doentes. O que você acha que há entre as partículas que formam o oxigênio?

- A. Nada, não há espaço entre as partículas. Estão muito juntas umas das outras.
- B. Um espaço livre entre as partículas em que não há nada.
- C. Mais oxigênio.

- D. Ar que preenche o espaço livre entre as partículas.
- E. Outra substância diferente.

3) Se pegamos uma pedra de um rio. O que você acha que há entre as partículas que formam a pedra?

- A. Nada, não há espaço entre as partículas. Estão muito juntas umas das outras.
- B. Um espaço livre entre as partículas em que não há nada.
- C. Mais pedra.
- D. Ar que preenche o espaço livre entre as partículas.
- E. Outra substância diferente.

Como já dissemos, a ciência moderna tem demonstrado que todas as substâncias que conhecemos são formadas por partículas muito pequenas que não podemos ver. A dúvida que temos é se as partículas estão sempre quietas ou sempre se movimentando, ou se apenas se movimentarão ao agitar o recipiente, etc.

4. Sobre uma mesa, totalmente parado, há um prego de ferro. Na sua opinião, como estão as partículas que formam o ferro do prego?

- A. Estão sempre quietas. Imóveis.
- B. Somente se movem se agitarmos o prego de ferro.
- C. Estão sempre movendo-se.
- D. Se movimentam apenas se outra substância (óxido, etc) que estão no interior do prego, as empurram.

5. Nos hospitais há botijões de aço que contem oxigênio para tratar dos doentes. Na sua opinião, como estão as partículas que formam o oxigênio no interior do botijão?

- A. Estão sempre quietas. Imóveis.
- B. Somente se movem se agitarmos o botijão.
- C. Estão sempre movendo-se.
- D. Se movimentam apenas se há ar que as empurra.

6. Temos um copo que acabamos de encher com coca-cola. Na sua opinião, como estão as partículas que formam a coca-cola, no copo?

- A. Estão sempre quietas. Imóveis.
- B. Somente se movem se agitarmos o copo.
- C. Estão sempre movendo-se.
- D. Se movimentam quando o gás da coca-cola as empurra.

Nas seguintes perguntas são apresentadas situações em que diferentes substâncias experimentam alguma transformação. A pergunta que se faz em cada caso é: Você acredita que isso ocorre por quê?

7.Quando adicionamos uma colher de açúcar em um copo de água e misturamos com uma colher, a água fica transparente, porém, tem um sabor doce. Você acredita que isso acontece por quê?

- A.As partículas de açúcar vão se introduzindo no interior das partículas de água.
- B.As partículas de água se tornam doces.
- C.As partículas de açúcar se rompem e liberam uma substância de sabor doce.
- D.As partículas de açúcar e de água se movimentam e se misturam.

8.Em um copo temos água. Se colocarmos o copo dentro do congelador de uma geladeira, depois de um tempo terá se formado gelo. Você acredita que isso aconteceu por quê?

- A.Com o frio, as partículas de água se transforma em partículas de outra substância (gelo).
- B.Com o frio, as partículas de água se congelam e se tornam sólidas.
- C.O frio empurra as partículas de água umas contra as outras e as retém na forma de gelo.
- D.Com o frio, as partículas de água se movem mais devagar até que se forma o gelo.

9. Se adicionarmos um pouco de vinagre a um copo que contém bicarbonato dissolvido em água, observamos que começam a se desprender numerosas bolhas de gás. Você acredita que isso acontece por quê?

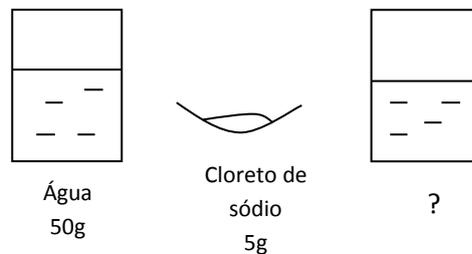
- A.O vinagre faz com que as partículas que formam o bicarbonato se transformem em partículas de outra substância diferente (gás).
- B.O vinagre faz com que as partículas que formam o bicarbonato evaporem e por isso formam-se borbulhas.
- C.O vinagre empurra e faz sair as partículas de gás que estavam no bicarbonato.
- D.Ao chocarem-se, as partículas que formam o vinagre e as partículas que formam o bicarbonato, interagem umas com as outras e produzem partículas de outra substância (gás).

Para as perguntas seguintes, são apresentadas situações que envolvem quantidade de massa das substâncias.

10.O desenho mostra um copo que contém exatamente 50 gramas de água e um recipiente com cloreto de sódio (sal de cozinha), cuja massa é exatamente 5 gramas. Se colocarmos o cloreto de sódio na água e mexermos até que dissolva totalmente, obteremos uma solução transparente. Qual você acha que será, agora, a massa do conteúdo do copo?

- A. 50 gramas.
- B. Um valor compreendido entre 50 e 55 gramas.

- C. 55 gramas.
- D. Mais de 55 gramas.



11) O calcário é constituído basicamente de CaCO_3 , e pode ser aquecido para preparar óxido de cálcio (CaO), o qual é conhecido como cal ou cal viva (utilizado principalmente para fabricar vidro e produzir argamassa para assentar tijolos). Considere a equação que representa a reação de decomposição resultante do aquecimento:



Considere que 1000 gramas de CaCO_3 são aquecidos e se decompõem completamente. Sabe-se que foram produzidos 560 gramas de óxido de cálcio, e então pergunta-se: qual será a massa de gás carbônico (CO_2) produzida?

- A. Nenhuma massa por que o CO_2 está no estado gasoso, e por isso não tem massa.
- B. Serão 440 gramas, pois a soma com a massa do CaO resultará em 1000 gramas.
- C. A mesma massa de CaO , ou seja 560 gramas, pois era um reagente e formou dois produtos.

Observações: _____

