

O ESTUDO DA DESCONTINUIDADE DA MATÉRIA E DA CONSERVAÇÃO DAS PROPRIEDADES NÃO OBSERVÁVEIS: CAMINHOS TRAÇADOS POR ESTUDANTES INGRESSANTES DO ENSINO MÉDIO

*The study of discontinuity of matter and the conservation of non-observable properties: pathways
built by junior high school students*

Daniela Rodrigues da Silva [daniela.silva@canoas.ifrs.edu.br]

Bárbara Gonçalves Fenille Velasco [barbaragfv@gmail.com]

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Canoas

*Rua Dra. Maria Zélia Carneiro de Figueiredo, 870-A- Bairro Igara III - CEP: 92412-240 Canoas -
RS*

José Cláudio Del Pino [delpinojc@yahoo.com.br]

Univesidade do Vale do Taquari – UNIVATES

Av. Avelino Talini, 171 – Universitário- CEP: 95914-014

Lajeado – RS

Recebido em: 09/01/2019

Aceito em: 23/07/2019

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo a análise das mudanças conceituais realizadas por um grupo de estudantes, ingressantes do Ensino Médio, ao participarem de atividades organizadas para o estudo da descontinuidade da matéria e da conservação das propriedades não observáveis nas transformações, considerando distintas formas de representação, durante as aulas de química. Como estratégia metodológica, foi realizado um estudo de caso, com análise de conteúdo dos resultados. Os resultados mostram que a construção de conhecimentos perpassou desde a elaboração de modelos com distintos níveis de complexidade, que coexistem e são mobilizados de acordo com as problematizações propostas, estruturando-se como uma mistura de ideias entre teorias implícitas e teorias científicas, até a explicitação de teorias organizadas a partir dos modelos científicos abordados com o grupo de estudantes durante as aulas de química.

Palavras-chave: Ensino de química; Aprendizagem; Ensino Médio.

Abstract

The present work aims at analyzing the conceptual changes carried out by a group of high school first year students after participating in organized activities to study the discontinuity of matter and the conservation of non-observable properties in transformations, considering different forms of representation. Case study was the methodological strategy adopted, with content analysis of the results. Results show that the construction of knowledge occurred from the elaboration of models with different levels of complexity, which coexist and are mobilized according to the problem-solving situations proposed, structuring themselves as a mix of ideas between implicit and scientific theories, to the explicit of theories organized from the scientific models discussed with the group of students during the chemistry classes.

Keywords: Chemistry teaching; Learning; High school.

Introdução

O desenvolvimento de investigações sobre o ensino e a aprendizagem na disciplina de química, mais especificamente da descontinuidade da matéria e da conservação das propriedades não observáveis nas transformações químicas (De Jong, Van Driel, & Verloop, 2005; Gómez Crespo, 2008; Hadenfeldt et al., 2016; Liu & Lesniak, 2006; Papageorgiou, 2013; Talanquer, 2013; Treagust et al., 2013), mostra dificuldades e avanços relacionados à compreensão desses conceitos fundamentais para que os estudantes entendam diversos conteúdos que são objeto de estudo da química na formação básica. Essas investigações também permitem a percepção da complexidade que envolve a organização do fazer em sala de aula.

Nesse contexto, ressalta-se a relevância da pesquisa como prática escolar, para que os resultados conquistados permitam aprimorar os processos de ensino e aprendizagem de química na Educação Básica, destacando-se a importância do papel de professores que atuam como pesquisadores, criando espaços de construção de novos conhecimentos, e não apenas de execução de propostas estabelecidas por agentes externos à realidade escolar. Para Garcia (1997), o professor deve ser criador de oportunidades de descobrir, se quiser ser professor, pois a aprendizagem é um descobrimento (entendido em um contexto teórico não positivista), e todo descobrimento é uma recriação de uma realidade interpretada.

Partindo dessa percepção, este trabalho apresenta resultados da ação e reflexão de uma professora que busca, por meio da pesquisa, respostas para os problemas vivenciados no contexto da sala de aula da Educação Básica. A Proposta de Ensino e Aprendizagem (PEA) utilizada foi estruturada considerando-se resultados obtidos em pesquisas anteriores (Silva, 2014), com adaptações ao contexto da sala de aula, fundamentando-se em três princípios principais: a abordagem de distintos níveis de representação, a construção de núcleos conceituais estruturantes para a compreensão de conceitos basilares da química e a utilização de estratégias metodológicas com características construtivistas.

Para tanto, esta investigação tem como objetivo acompanhar e avaliar as mudanças conceituais realizadas por um grupo de estudantes, ingressantes no Ensino Médio, ao participarem de atividades organizadas para o estudo da descontinuidade da matéria e da conservação das propriedades não observáveis nas transformações, considerando distintas formas de representação, durante as aulas de química.

Pressupostos teóricos

A natureza corpuscular da matéria e a conservação de propriedades da matéria são, de acordo com Pozo & Gómez Crespo (2009), núcleos conceituais fundamentais para a compreensão de grande parte dos conteúdos estudados nas aulas de química.

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, seja químico. A conservação em química é um conceito diretamente relacionado com a noção de descontinuidade da matéria; assim, pode-se considerar a assimilação dessa noção como condição necessária, porém não suficiente, para chegar à compreensão da conservação da matéria em distintas transformações. O que se conserva por trás de uma transformação química pertence ao mundo do não observável, e envolve a utilização de modelos com minúsculas partículas que compõem a estrutura oculta da realidade. Nesse contexto, desconsiderar esse conhecimento fundamental pode impedir o entendimento da própria noção de mudança química. Ainda, de acordo com Treagust et al. (2013), é muito importante que os estudantes compreendam os conceitos da teoria corpuscular da matéria no início dos seus estudos científicos, pois estes são essenciais para a compreensão de outros tópicos e conceitos da química que são introduzidos mais tarde no currículo, como, por exemplo, o mol, estequiometria e a cinética das reações.

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, 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 então passar a utilizar um sistema de representação muito mais abstrato, os símbolos químicos.

Assim, acredita-se que a 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. Segundo Johnstone (2000), há um modelo para o estudo da química que relaciona três formas de abordagem que podem ser relacionadas como vértices de um triângulo, em que nenhuma delas é superior a outra, mas cada uma completa a outra. Essas formas 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. Além disso, Johnstone (2000) ressalta que, 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 de onde os estudantes já estão, a partir de uma informação, processando um ponto de vista com coisas que eles perceberão como interessantes ou familiares, provavelmente com prevalência das características do tangível, e, então, de acordo com os objetivos do estudo, organizar informações do nível simbólico e submicroscópico.

Para Papageorgiou (2013), os educadores de ciências têm de usar modelos que descrevam as estruturas das substâncias no nível submicroscópico, levando em conta as habilidades dos estudantes, de acordo com três condições: a capacidade de avaliar as características macroscópicas de uma reação química, a capacidade de trabalhar em termos submicroscópicos e a habilidade de conectar macro e submicro entre si.

Nesse contexto, considerando que o ensino e a aprendizagem da química envolvem aspectos conceituais e representacionais, ressalta-se a importância de investigar o desenvolvimento de ações que contemplem essas características, e, então, refletir a respeito das construções de novos conhecimentos alcançadas, ou seja, das mudanças conceituais realizadas.

Para tanto, parte-se da ideia de que a construção de conhecimentos 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 pelo estudo da química. Sabe-se que as teorias individuais de cada sujeito são resultado das aprendizagens por ele realizadas ao longo de sua vida, tanto no contexto escolar quanto fora dele, a partir do conjunto de regularidades que, de modo implícito, são observadas no comportamento dos objetos e das pessoas, proporcionando certas teorias de natureza implícita sobre como está organizado o mundo e o que se pode esperar dele (Pozo, 2008).

Como as teorias implícitas têm características diferentes das teorias científicas estudadas nas aulas de química, entende-se que o estudante precisa ter consciência das diferenças entre suas ideias e aquelas que são objeto de estudo, e, ao diferenciá-las, vivenciando um processo muitas vezes longo e que exige diferentes tempos para cada sujeito, realizar mudanças conceituais, numa perspectiva segundo a hipótese da integração hierárquica (Pozo & Gómez Crespo, 2009; Pozo, 2008), ou seja, o estudante precisa construir novas estruturas conceituais de modo que consiga redescrever suas interpretações dentro de estruturas mais complexas, ou seja, 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.

Desse modo, há a necessidade de avaliar as características das estratégias de ensino e aprendizagem planejadas objetivando-se um contexto de participação e tomada de consciência por parte dos estudantes buscando-se a mudança conceitual. Dentre várias possibilidades diferentes daquelas utilizadas no ensino tradicional, em que a transmissão e a recepção de informações são privilegiadas, destacam-se aquelas em que o professor consegue acompanhar as mudanças que vão acontecendo em função das assimilações que o estudante consegue realizar ao longo do processo.

Uma investigação que acompanhou o estudo do modelo corpuscular da matéria por um grupo de estudantes (Adadan, Trundle & Irving, 2010) indicou que os professores devem estar cientes de que as possíveis pressuposições que os estudantes têm sobre os conceitos que serão estudados podem se tornar obstáculos para a aprendizagem, e seu estudo mostrou que há muita variação nas ideias individuais de cada estudante, com diferentes graus de progresso em relação à compreensão de conceitos ao longo do processo de aprendizagem. Assim, as estratégias utilizadas precisam dar conta desse acompanhamento, para que, de forma explícita, o professor consiga criar condições a fim de que os estudantes percebam as diferenças entre as suas ideias individuais e o que está sendo proposto pelo estudo da química.

Nessa perspectiva, destaca-se a resolução de problemas como um exemplo de estratégia interessante para promover a ação e reflexão dos estudantes no contexto da sala de aula, na medida em que se trata de uma situação na qual o estudante não deve dispor de procedimentos automáticos que permitam solucioná-los de forma mais ou menos imediata (Pozo & Pérez Echeverría, 1998). 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 & Pérez Echeverría, 1998, p. 91).

Metodologia

Este trabalho constitui-se como uma investigação qualitativa, caracterizada como estudo de caso (Lüdke & André, 2013; León & Montero, 2003), realizada com estudantes de uma turma de primeiro ano do Ensino Médio Técnico de uma Instituição de Ensino Federal do Estado do Rio Grande do Sul. A turma era constituída por 32 sujeitos, com idades entre 14 e 17 anos, voluntários que aceitaram participar da pesquisa por meio de um Termo de Consentimento assinado por seus responsáveis. Os nomes dos estudantes que serão apresentados nos resultados são fictícios para que suas identidades sejam preservadas. A pesquisa foi realizada durante todo o período letivo de 2017, no horário regular das aulas de química, o qual, de acordo com o currículo do curso, foi de dois períodos semanais de cinquenta minutos.

A totalidade do processo envolveu três fases:

- I. Inicialmente, cada estudante respondeu a um questionário (pré-teste), com o propósito de conhecer suas compreensões a respeito dos conceitos que seriam objeto de estudo durante o desenvolvimento da Proposta de Ensino e Aprendizagem;
- II. Ao longo de todo o período letivo, foram realizadas atividades individuais ou em grupo (desenvolvimento da 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.

Desse modo, foi possível avaliar as mudanças produzidas pela intervenção educativa proposta (pré e pós-testes), assim como realizar uma análise de conteúdo (Bardin, 2011) dos resultados obtidos durante a realização da PEA.

Para o pré-teste e pós-teste foram utilizados questionários de múltipla escolha desenvolvidos por Gómez Crespo (2008), Pozo & Gómez Crespo (2009) e Silva (2014), durante suas

investigações. Os questionários eram constituídos por onze questões envolvendo situações fundamentadas nos dois núcleos conceituais que foram objeto de estudo durante o desenvolvimento da PEA. As opções de respostas para as perguntas, tanto do pré-teste quanto do pós-teste, correspondem a diferentes possibilidades de compreensão, conforme o Quadro 1:

Quadro 1 – Questões dos pré e pós-testes e alternativas de respostas.

Questões	Representações presentes nas respostas
Questões 1, 2 e 3 sobre descontinuidade e vazio	nada. Continuidade da matéria
	ideia de vazio
	há mais da mesma substância
	ar entre as partículas
	outra substância entre as partículas
Questões 4, 5 e 6 sobre movimento intrínseco	repouso. Partículas estáticas.
	ação de agente externo que provoca o movimento das partículas
	movimento intrínseco das partículas
	ação de um agente interno que provoca o movimento das partículas.
Questões 7,8 e 9 sobre transformações da matéria	transmutação da matéria
	propriedades do macroscópico para as partículas
	ação de um agente externo que provoca o desprendimento das partículas
	mudança interpretada de acordo com modelo cinético
Questão 10 sobre conservação da massa em uma mistura	não conservação (desconsidera a massa do soluto)
	não conservação (atribui um valor intermediário de massa)
	conservação da massa
	não conservação (atribui um valor superior de massa)
Questão 11 sobre a conservação da massa em uma reação química	conservação da massa
	não conservação da massa (atribui um valor inferior de massa)
	não conservação da massa (atribui um valor superior de massa)

Para a análise das construções realizadas pelos estudantes ao longo do período letivo, foram selecionados os materiais produzidos durante a realização de seis atividades (*corpus* da análise). Dessa forma, a análise de conteúdo qualitativa permitiu verificar a singularidade dos elementos apresentados, considerando-se as variações identificadas nas explicações elaboradas em cada atividade, por todo o grupo de estudantes, sem a determinação prévia de categorias. As partes das explicações elaboradas de forma escrita, na maioria dos casos com questões abertas, foram isoladas (inventário) e organizadas como unidades de registro de modo que as teorias individuais dos estudantes pudessem ser identificadas, as quais condensam e põe em relevo as informações fornecidas pela análise. Ou seja, os resultados foram avaliados considerando-se os avanços ou a manutenção das teorias propostas pelos estudantes, a partir dos núcleos conceituais e os níveis de representação trabalhados, como indicadores não frequentiais mas suscetíveis de permitir inferências. Essas teorias serão apresentadas nas categorias e permitiram o diagnóstico das mudanças conceituais realizadas durante o processo, mostrando o conhecimento em transição do grupo de estudantes, durante o ano letivo.

As seis atividades analisadas foram numeradas de 1 a 6, de acordo com a ordem cronológica com que foram realizadas ao longo do período letivo, conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2 – Seis atividades realizadas durante o período letivo

Atividade	Estratégia	Objetivo
1	Demonstração do processo em que uma garrafa de plástico, com um balão de festa na boca, é colocada em um recipiente com água líquida com temperatura próxima de 100°C. Os estudantes, distribuídos em duplas, analisaram a demonstração e elaboraram explicações que justificassem o que foi observado.	Conhecer as ideias prévias dos estudantes com o olhar voltado aos três níveis representacionais e a descontinuidade da matéria.
2	Os estudantes, individualmente, escolheram a alternativa que melhor representava o comportamento das partículas que constituem o ar, ao serem pressionadas pelo êmbolo de uma seringa, em sistema fechado (utilização de	Verificar como os estudantes utilizaram os conhecimentos sobre o modelo corpuscular da matéria ao realizar uma atividade em um contexto

	desenhos para representar os modelos). Em seguida, eles justificaram suas escolhas.	distinto dos utilizados anteriormente em aula.
3	Dois meses depois de terem realizado a atividade 1, os estudantes receberam as suas explicações (individualmente) para serem analisadas e reelaboradas, considerando os novos conhecimentos construídos durante as aulas de química.	Permitir aos estudantes a tomada de consciência sobre suas ideias prévias, assim como, avaliar a possibilidade de mudança nas explicações, com os mesmos objetivos da atividade 1.
4	Análise, em trios, da equação química que representa a combustão do propano, em um problema que descrevia o funcionamento dos balões de passeio, e comparação das informações fornecidas pela equação química com o ciclo da água na natureza estudado nas aulas anteriores. Identificação do número de átomos nos reagentes e nos produtos da equação, com avaliação da conservação da matéria.	Verificar quais os critérios de comparação foram utilizados pelos estudantes ao analisarem uma transformação química e uma transformação física, e ainda, como eles interpretavam as informações oferecidas no nível simbólico.
5	Os estudantes indicaram o que aconteceria com a massa de uma mistura de 15g de água e 5g de açúcar. Também completaram uma equação química que representava a dissolução do açúcar e propuseram uma representação (no nível submicroscópico) para o processo analisado. Para finalizar a atividade, os estudantes compararam o processo de dissolução com outro processo estudado na aula anterior (reação química).	Analisar as construções dos estudantes quanto à conservação da massa e da matéria em um processo de dissolução, considerando os três níveis de representação (simbólico, macro e submicroscópico), assim como, avaliar os critérios de comparação entre uma transformação física e química.
6	Os estudantes utilizaram o objeto educacional PensaQui, uma estratégia que possibilitou a elaboração de explicações uma transformação física e outra química. Ao final, o professor tem o registro de todas as construções realizadas pelos estudantes durante a interação em um relatório gerado pelo próprio objeto.	Avaliar as construções dos estudantes sobre a comparação entre transformações físicas e químicas no que diz respeito a conservação da matéria e a conservação ou não conservação das substâncias.

Análise dos resultados

A análise dos resultados será apresentada de modo a contemplar pré e pós-testes, bem como as atividades realizadas ao longo do período letivo.

Resultados do pré e pós-testes

Os resultados obtidos nos pré e pós-testes foram organizados em gráficos, considerando os grupos de questões apresentados no Quadro 1. Assim, é possível perceber as diferenças no percentual de acertos dos estudantes em cada grupo de conceitos avaliados.

No Gráfico 1, onde a descontinuidade da matéria foi analisada em substâncias nos três estados físicos, percebe-se que inicialmente a maior parte dos estudantes não considerava o modelo utilizado nas aulas de química para o qual a matéria é constituída por partículas com espaços vazios entre elas, principalmente quando analisaram o sólido (questão 2). Esse resultado corrobora com o que é apontado por Gómez Crespo que, em sua pesquisa de doutorado, desenvolvida com estudantes de diferentes idades, compreendendo os do Ensino Médio até os licenciandos em química e física, evidenciou que,

para os sólidos, fundamentalmente, predominam as interpretações continuístas (ausência de vazio entre as partículas constituintes da matéria), com poucas respostas em termos de descontinuidade, exceto para os estudantes que seguem uma formação científica (Gómez Crespo, 2008, p.117).

Percebeu-se que, com apenas um ano de instrução, o percentual de acertos aumentou consideravelmente, mostrando que esse modelo passou a ser empregado pela maioria dos estudantes da turma.

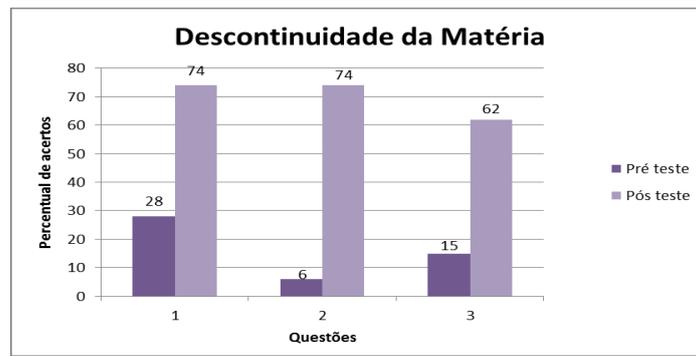


Gráfico 1 – Porcentagem de acertos no pré e pós testes nas questões 1,2 e 3

O movimento das partículas foi o foco de análise nas questões 4, 5 e 6, e conforme os resultados do Gráfico 2, onde foi possível perceber que a maioria dos estudantes consideraram, já no pré-teste, o movimento das partículas em substâncias no estado gasoso (questão 5), desconsiderando o movimento das partículas no estado sólido (questão 6). Todavia, no pós-teste, a quantidade de respostas corretas foi indicada nos três estados físicos, com 100% das respostas no caso dos sólidos.

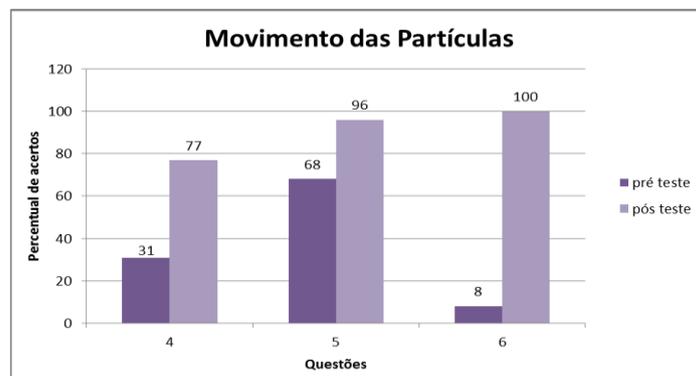


Gráfico 2- Porcentagem de acertos no pré e pós testes nas questões 4, 5 e 6.

Segundo Pozo & Gómez Crespo (2009), muitos estudantes não fazem diferenciações entre o movimento intrínseco das partículas que compõem um material e o movimento aparente desse mesmo material (aparência perceptiva), e essa indiferenciação, faz com que eles atribuam movimento intrínseco aos gases, mas não aos sólidos. Todavia, destaca-se que quando a diferenciação dos níveis é consciente, resultante de um processo de ensino e aprendizagem em que a comparação entre os níveis é proporcionada, a utilização dos modelos no nível submicroscópico passa a fazer parte das explicações dos estudantes.

Quanto à avaliação de fenômenos envolvendo transformações físicas e químicas, o percentual de acertos, quando comparados o pré-teste e o pós-teste (Gráfico 3), mostra que a conservação da matéria passou a ser considerada pelos estudantes, tanto em processos de mudança de estado físico (questão 7), diluição (questão 8), quanto em uma reação química (questão 9).

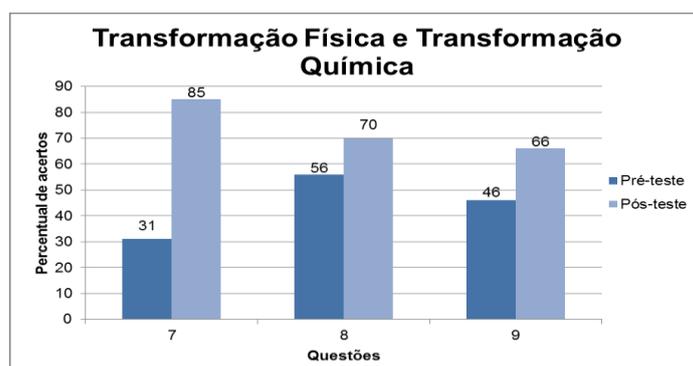


Gráfico 3 - Porcentagem de acertos no pré e pós testes nas questões 7, 8 e 9.

Os conceitos envolvidos nas questões sobre conservação da matéria e conservação ou não conservação das substâncias exigem dos estudantes a compreensão do que está para além do observável, e isso, de acordo com Pozo & Gómez Crespo (2009), requer o entendimento de aspectos qualitativos e quantitativos no nível submicroscópico e simbólico. Desse modo, entende-se que os resultados apresentados no pré e pós-testes apontam mudanças consistentes no entendimento dessas teorias.

No Gráfico 4, é possível perceber como os estudantes avaliaram a conservação da massa, tanto em uma dissolução (questão 10) quanto em uma reação química (questão 11), com o aumento no percentual de acertos nas respostas do pós-teste, indicando a ocorrência de mudanças conceituais.

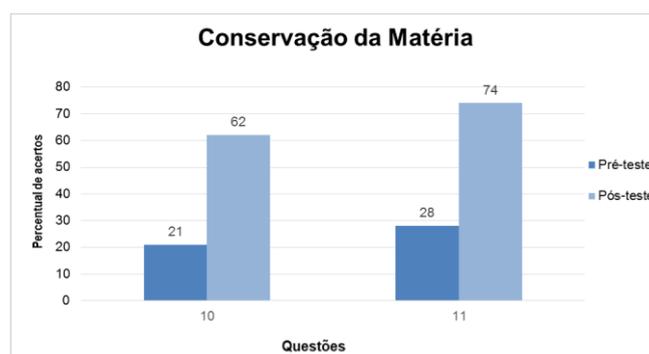


Gráfico 4 - Porcentagem de acertos no pré e pós-testes nas questões 10 e 11.

Uma análise geral dos resultados do pré e pós-teste mostra que a turma teve um aumento considerável nas escolhas pelas respostas corretas (modelos cientificamente aceitos para os núcleos conceituais em estudo), indicando mudanças conceituais importantes que serão detalhadas a seguir, a partir da análise das respostas elaboradas por eles nas atividades desenvolvidas em aula durante o período letivo.

b) Atividades realizadas em sala de aula

Atividade 1 – Variação do volume em função da variação de temperatura

As respostas elaboradas pelos 32 estudantes foram organizadas em duas categorias:

Categoria I – As explicações foram fundamentadas apenas no nível macroscópico. Nessa categoria, 87,5% dos estudantes formularam explicações pautadas apenas no nível macroscópico, não indicando a descontinuidade da matéria. As respostas dessa categoria foram reagrupadas em cinco subcategorias, de acordo com o foco da análise de cada dupla de estudantes:

I.a) a pressão infla o ar; por exemplo: Elena e Luíza - *O calor de aproximadamente 100°C posto na caneca quando entra em contato com a garrafa faz com que a pressão infle o balão.*

I.b) descrição do que foi visto; por exemplo: Ana e Talita - *Na 1ª fase, temos uma garrafa com um balão na boca e uma tigela com água com temperatura próxima aos 100°C. Na 2ª fase, a garrafa foi colocada na tigela e o balão, por conta da temperatura, ficou ereto.*

I.c) mudança de estado físico; por exemplo: Clara e Leonardo - *O ar presente na garrafa trocou energia com a água aquecida dentro da xícara, tornando-o mais quente e conseqüentemente transformando-o em vapor, aumentando a pressão fazendo inflar o balão.*

I.d) o ar quente tenta se dispersar; por exemplo: Charlie e Fábio - *O calor da água aquece a garrafinha, depois de quente o ar tenta se dispersar, por consequência do calor, assim força o balão por estar vetando a passagem.*

I.e) o ar é completamente deslocado para o balão; por exemplo: Alison e Lauren - *Quando a garrafa entra em contato com a água quente (aproximadamente 100°C) o ar que está dentro dela sobe para a bexiga.*

Cabe ressaltar que dos 87,5% das respostas da categoria I, aproximadamente 60% correspondem à subcategoria Ie, ou seja, mais da metade dos estudantes acreditava no deslocamento do ar da garrafa para o balão, como se o ar tivesse características idênticas ao dos objetos sólidos (Benlloch, 1997), situação que permite perceber que os estudantes não apresentam distintos modelos para as substâncias quando estas se encontram em diferentes estados físicos.

Categoria II – As explicações consideraram a descontinuidade da matéria. Nessa categoria, 12,5% dos estudantes explicitaram ideias em que a descontinuidade da matéria foi considerada, apontando a existência de partículas ou moléculas de ar e seu comportamento em função da transferência de energia; por exemplo: Thália e Lucas - *A água quente faz com que as moléculas de ar dentro da garrafa se agitem dando força para o balão encher. As moléculas de ar já estavam dentro da garrafa e quando se agitaram preencheram um espaço maior enchendo o balão, que antes estava murcho já que as moléculas de ar estavam se mexendo com menor rapidez.*

Embora a atividade de demonstração exigisse a observação em nível macroscópico, o fato de os estudantes terem de explicar por que o fenômeno observado ocorreu oportunizou a eles a explicitação de modelos conceituais por eles elaborados nos anos anteriores da Educação Básica. Percebe-se assim, que um grupo pequeno de estudantes mostrou a capacidade de avaliar a situação a partir de modelos em outros níveis de representação, além do macroscópico, e ainda a caracterização do ar como sendo constituído por partículas, que estão em movimento. No entanto, a grande maioria não utiliza modelos no nível simbólico e/ou submicroscópico para justificar o comportamento do ar, assim como não considera a ideia de descontinuidade da matéria.

Após algumas aulas, entre as quais uma em que a professora explicou o modelo corpuscular da matéria, a partir do exemplo de um balão de passeio, relacionando a quantidade de energia e a agitação das partículas, a descontinuidade da matéria e os espaços vazios entre elas, houve a realização da atividade 2.

Atividade 2 – Variação do volume em função da variação da pressão

As respostas dos estudantes foram organizadas em duas categorias, de acordo com a resposta escolhida para explicar o fato representado em um desenho:

Categoria I – Explicitaram a alteração do volume pela diminuição dos espaços vazios entre as partículas. Nessa categoria, 90,6% dos estudantes explicitaram a ideia de diminuição do espaço entre as partículas; por exemplo: Clarice - *O desenho do estudante 2 está correto, o ar é um gás e*

como tal ele ocupa o espaço de onde está armazenado como esse espaço foi reduzido, suas partículas se aproximaram.

Categoria II – Explicitaram a alteração do volume pela diminuição do tamanho das partículas. Nessa categoria, 3,2% dos estudantes (apenas uma estudante) optou pela resposta que apresentava um desenho em que, com o aumento da pressão, o tamanho das partículas diminuía; no entanto, sua explicação demonstrou que a interpretação foi confusa: *“Como o espaço vai ficar menor quando a seringa for pressionada, as partículas vão ficar um pouco mais perto”* (Georgia).

Cabe ressaltar que 6,2% dos estudantes não responderam à questão.

A maioria dos estudantes não teve dificuldades em perceber que há variação no espaço entre as partículas em função da pressão exercida sobre uma mistura gasosa (o ar), situação que mostra a compreensão dessa característica do modelo corpuscular. Cabe ressaltar que toda a atividade foi proposta em nível submicroscópico (enunciado e alternativas para escolha dos estudantes), isso porque o objetivo era verificar se eles haviam compreendido o modelo proposto em situações distintas e se optavam pela resposta que apresentava as características cientificamente aceitas para esse modelo (a ideia de descontinuidade da matéria e de vazio).

Atividade 3- Retomada da atividade 1

Todos os 32 estudantes da turma receberam suas respostas da atividade 1 com perguntas da professora, em que suas afirmações anteriores eram questionadas e uma nova explicação era solicitada. Essa atividade foi proposta para que os estudantes pudessem tomar consciência das suas ideias iniciais e, assim, argumentar tanto para a manutenção dessas ideias, como para a elaboração de novas explicações. As novas respostas elaboradas mostram um avanço importante na utilização de modelos considerando o nível submicroscópico, de modo que as novas explicações foram organizadas em 5 categorias.

A categoria I indica que uma parte dos estudantes (25%) continuou fundamentando suas explicações apenas no nível macroscópico. As categorias II, III e IV mostram explicações em que há a utilização parcial do modelo corpuscular da matéria, ou seja, em 43,7% das respostas os estudantes indicaram a existência de partículas e o movimento delas, ou as partículas e os espaços vazios, ou apenas indicaram a descontinuidade da matéria expressando que o ar é constituído por partículas ou por moléculas. Já na categoria V, (31,3%) dos estudantes conseguiram utilizar todos os aspectos do modelo corpuscular da matéria estudada, pontuando o movimento das partículas e os espaços vazios entre elas.

Um estudo realizado por Liu & Lesniak (2006), com estudantes de diferentes níveis da Educação Básica, mostrou que as concepções dos estudantes sobre a composição das substâncias progridem do macroscópico para o microscópico, ou seja, esse caminho de reestruturação de conhecimentos envolvendo distintos níveis de representação faz parte do processo de aprendizagem, e conforme os resultados encontrados, não acontece ao mesmo tempo e da mesma forma com todos os sujeitos do grupo.

Ao realizar a terceira atividade, com esse grupo em estudo, percebeu-se que, dos 28 estudantes que na Atividade 1 apresentaram respostas apenas no nível macro, agora apenas 8 permaneceram com explicações similares, os demais conseguiram utilizar o modelo corpuscular da matéria parcial ou totalmente.

Categoria I – Utilizaram apenas o nível macroscópico (não usaram a ideia do modelo corpuscular da matéria em suas respostas); por exemplo: Elena – *quando dois corpos com diferentes temperaturas são colocados em contato, ocorre a transferência de energia na forma de calor, até que os dois tenham a mesma temperatura.*

Categoria II – Utilizaram apenas o conceito de partícula; por exemplo: Luiza – *as moléculas receberam energia na forma de calor e com isso o ar da garrafa ficou menos denso, subiu e encheu o balão.*

Categoria III - Utilizaram os conceitos de partícula e movimento; por exemplo: Alison – *o ar que estava dentro da garrafa esquentou, e o ar mais quente é mais leve e ocupa mais espaço, as partículas estão em maior movimento, o que faz a bexiga subir.*

Categoria IV- Utilizaram os conceitos de partícula e espaço; por exemplo: Clarice - *há a transmissão de calor da água quente para a garrafa, o ar quente tem uma densidade menor que o ar em temperatura ambiente, como ele tem uma densidade menor, suas partículas estão mais distantes, fazendo com que ele se expanda e ocupe mais espaço dentro da garrafa preenchendo o balão.*

Categoria V - Utilizaram os conceitos de partícula, movimento e espaço; por exemplo: Lauren - *O calor da água passa para a garrafa, e as partículas dela estão se movimentando muito rápido e ficam mais afastadas, ocupando todo o espaço da garrafa e indo para o balão, e isso fez a densidade do ar diminuir.*

Atividade 4 – Reação Química e Mudança de Estado Físico

Para Papageorgiou (2013), as características macroscópicas de um fenômeno químico são úteis, uma vez que fornecem indicações sobre quais mudanças ocorrem (por exemplo, sobre a identidade das substâncias que aparecem ou desaparecem), mas elas não são adequadas para realmente explicar a mudança. A atividade 4 foi a primeira estratégia do período letivo em que os estudantes tinham de utilizar informações do macro e do simbólico para avaliar uma transformação química, comparando-a às mudanças de estado físico, já estudadas. Como os estudantes interpretariam as informações do simbólico? Eles compreenderiam as informações apresentadas no nível simbólico para a reação química? Sabe-se que, qualquer informação diferente das empregadas anteriormente nas aulas pode causar confusões conceituais, ainda mais quando há a necessidade de modelos, para além do visível. De acordo com Talaquer (2013, p. 331), muitos estudantes lutam para entender os vários modelos particulados do material discutidos nas aulas de química, bem como para usá-los adequadamente para explicar ou prever um fenômeno.

As explicações dos estudantes foram categorizadas em 3 grupos, de acordo com os critérios utilizados na comparação das transformações.

Categoria I – Compararam apenas os estados físicos das substâncias. Nessa categoria, 53,1% dos estudantes comparam apenas os estados físicos (apresentados na equação) das substâncias envolvidas; por exemplo, Eduarda - *No ciclo da água há diversas mudanças de estado físico. Na equação química todas as substâncias estão no mesmo estado físico.*

Categoria II – Indicaram a produção de novas substâncias. Nessa categoria, 37,5% dos estudantes analisaram a produção de novas substâncias na equação que representava a reação química, diferente do que acontece nas transformações físicas; por exemplo: Gustavo - *No ciclo da água a substância continuará a mesma (H₂O), o que muda é o estado físico, já na combustão do propano, a substância sofre alteração”.*

Categoria III – Não utilizaram as informações do nível simbólico (equações químicas). Nessa categoria, 9,4% dos estudantes não usaram as informações do simbólico como critério para comparação, mas outras informações, provavelmente de acordo com seus conhecimentos prévios, mostrando confusões conceituais; por exemplo: Alison - *Os processos não seriam idênticos, apenas parecidos, pois o ciclo da água na natureza se regenera.*

Outro aspecto explorado durante a atividade foi avaliar como os estudantes comparavam a quantidade de átomos nos reagentes e nos produtos, para observar suas ideias sobre conservação da matéria e formação de novas substâncias. As respostas para essa questão não foram separadas em categorias, pois todos os grupos indicaram a conservação da matéria em que há conservação no número de átomos, como já faziam ao avaliar as transformações físicas, situação que indica que os estudantes conseguiram utilizar o conhecimento que tinham na análise da conservação da matéria durante as transformações físicas para uma situação distinta.

No entanto, a explicação elaborada por alguns estudantes permitiu perceber a existência de confusões conceituais, como a identificação de diferentes substâncias formadas pelos mesmos átomos, como no caso do estudante Larissa - *Não há uma diferença nos átomos, houve apenas a conservação da substância*. Esses aspectos indicaram a necessidade de um estudo mais direcionado nas aulas posteriores.

Atividade 5 – Dissolução de um sólido em um líquido

Pozo & Gómez Crespo (2009) afirmam que, no início do Ensino Médio, os estudantes apresentam dificuldades que variam entre a conservação da quantidade de matéria, a massa e o tipo de interações envolvidas nas transformações, o que se traduziria em uma dificuldade maior para compreender a conservação ou não da qualidade da matéria, a substância.

Na atividade 5, esses aspectos foram explorados, juntamente com os níveis de representação, na avaliação de um processo de dissolução, e a comparação com uma transformação química.

As categorias foram definidas de acordo com as diferenciações que cada estudante conseguiu realizar para cada questionamento; assim, foi possível perceber que há diferentes níveis de compreensão entre os estudantes, com percepções em que o foco de análise se limita a diferenciação entre os processos físicos e químicos apenas, ou, de forma mais ampla, indica a conservação da matéria e da massa nos processos observados.

a) Quanto à conservação da massa

Categoria I – Indicaram a não conservação da massa. Nessa categoria, 13,8% dos estudantes indicaram a não conservação da massa no processo de dissolução do açúcar em água, desconsiderando a massa do açúcar.

Categoria II – Indicaram a conservação da massa. Nessa categoria, 86,2% dos estudantes apresentaram, ao final da dissolução, um valor de massa igual à soma das massas da água e do açúcar.

A categoria I mostra que alguns estudantes basearam suas respostas nos aspectos observáveis dos estados inicial e final da matéria, centrando-se em explicar aquilo que mudou, e não o que permaneceu (Pozo & Gómez Crespo, 2009). Todavia, a maioria, conseguiu propor uma resposta que envolve pensar na matéria com algum modelo que considere a conservação do que não pode ser observado, do que está além do macroscópico.

b) Quanto à conservação da matéria e da substância (simbólico)

Categoria I – Indicaram a não conservação das substâncias. Nessa categoria, 6,9% dos estudantes somaram o número de átomos da molécula de água com os da sacarose, apresentando como produto $C_{12}H_{24}O_{12}$, ou seja, consideraram a conservação da matéria, mas não a da substância.

Categoria II – Indicaram a conservação das substâncias. Nessa categoria, 93,1% dos estudantes representaram $C_{12}H_{22}O_{11(aq)}$ como produto, indicando a conservação da matéria e da substância no processo.

As respostas dos alunos da categoria II indicam que grande parte do grupo dos estudantes considerou a conservação da substância, ou seja, mesmo com uma mudança do que é perceptível, eles consideraram a conservação das substâncias no processo de dissolução.

c) Quanto à diferenciação entre a dissociação (conservação das substâncias) e reação química (não conservação das substâncias)

Categoria I – Diferenciaram processo físico e químico. Nessa categoria, 76,6% diferenciaram os processos indicando um processo físico e outro químico; destes, 91,3% indicaram a conservação da matéria e a não conservação da substância na reação química, diferentemente do que acontece na dissociação, em que há a conservação da ambos; por exemplo: Hannah – *Nesse caso (dissolução) temos a conservação da matéria e a conservação da massa, e é uma transformação física. No caso da animação (reação química) também há a conservação da massa e da matéria, mas ela é uma transformação química, onde não houve conservação da substância.* (Abaixo o desenho da estudante para representar a dissociação do açúcar no nível submicroscópico):

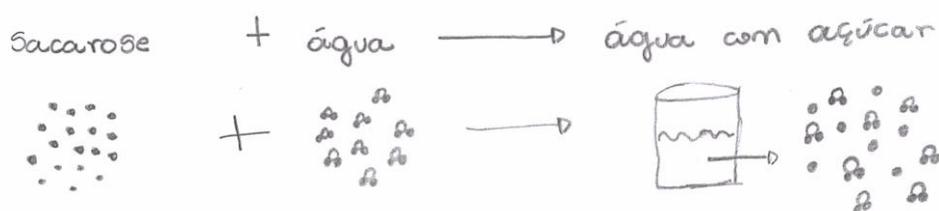


Figura 1 – Desenho da estudante Hannah

Categoria II – Não diferenciaram processo físico e químico. Nessa categoria, 13,3% dos estudantes não diferenciaram os dois processos, focando suas explicações em aspectos distintos, mostrando confusões conceituais; por exemplo: Diana: *o processo de dissolução é semelhante ao outro, pois há conservação da massa e da matéria.* (Abaixo o desenho da estudante para representar a dissociação do açúcar no nível submicroscópico):

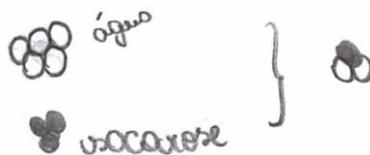


Figura 2 – Desenho da estudante Diana

Os desenhos (figuras) e as explicações por escrito foram comparados durante a análise, e permitiram perceber a coerência das ideias por eles explicitadas, como no caso exemplificado na categoria II, em que a estudante Diana mostra a dissolução como um processo aditivo (nível submicroscópico), com formação de uma nova substância, como ocorre em algumas reações químicas.

Cabe ressaltar que 10,1 % dos estudantes não responderam a essa questão.

Atividade 6 – Transformação física e química

Acredita-se que, de acordo com o contexto, a capacidade de interpretação das informações pode se modificar, e estudantes que conseguem transitar entre os níveis macro, submicro e simbólico, muitas vezes não conseguem fazê-lo em todas as situações problematizadas. Isso exige do professor um cuidado especial para que o conceito não fique atrelado a um único contexto.

Assim, a utilização do PensaQui¹, um objeto para o estudo das transformações químicas (Silva, 2014; Silva et al., 2015) possibilitou trabalhar os três níveis de representação e os dois núcleos conceituais abordados ao longo do ano, em contextos diferentes dos estudados até então.

A análise das respostas dos estudantes ao avaliarem a problematização inicial, em que deveriam explicar as diferenças entre uma mudança de estado físico (ebulição da água) e uma reação química (efervescência de um comprimido antiácido), permitiu a organização de três grandes categorias, que indicam os avanços e dificuldades do grupo de estudantes, assim como a necessidade de um olhar mais atento àqueles estudantes que ainda não conseguiram utilizar os modelos capazes de conectar os distintos níveis de representação que o estudo da química demanda pra entender as transformações analisadas.

Categoria I – Utilizaram a conservação e não conservação das substâncias como critério de comparação. Nessa categoria, 70,9% explicam as diferenças entre os processos considerando a conservação e não conservação das substâncias; por exemplo: Lauren - *A água na panela houve a formação de bolhas, pois chegou em seu ponto de ebulição (100°), passando de H₂O líquido para H₂O gasoso, mas sua substância continua a mesma, o que muda é o seu estado físico. Já no copo ela passou por uma reação química, onde o antiácido reagiu com a água, criando pequenas bolhas.*

Categoria II – Utilizaram modelos com erros conceituais para a comparação. Nessa categoria, 22,6% indicam diferenças entre os processos com alguns erros conceituais; por exemplo: Ana - *no copo é uma substância diferente da substância que tem na panela. Na panela, o processo é de ebulição (onde as moléculas de água começam a se distanciar e a se movimentar mais) e no copo, as bolhas são causadas porque o comprimido está agindo e efervescendo (pois o comprimido em contato com a água, os seus átomos começam a se distanciar e a borbulhar).*

Categoria III – Não utilizam os modelos estudados para a comparação. Nessa categoria, 6,5% apenas descrevem o que ocorreu em nível macro; por exemplo: Fernanda - *pois a água da panela precisa aquecer para cozinhar o alimento, assim saindo bolhas por causa da fervura, e a do copo é apenas um remédio, que quando colocado na água saem bolhas.*

Destaca-se aqui a importância das explicações elaboradas pelos estudantes da categoria II no planejamento de ações para problematizar as confusões conceituais e oportunizar espaços de aprendizagem para que as mudanças aconteçam. As explicações em que os estudantes explicitam sua forma de compreender os modelos estudados constituem um material riquíssimo para a interferência pontual do professor, no que diz respeito a dificuldades de aprendizagem específicas de alguns estudantes, e que nem sempre conseguem ser trabalhadas com toda a turma.

Ressalta-se também que respostas como as elaboradas pelos estudantes da categoria III indicam uma situação em que praticamente há ausência na alteração na forma de compreender e explicar as situações de estudo, demandando do professor a busca por avaliações mais rigorosas, como as realizadas por equipes multidisciplinares, por exemplo.

Considerações finais

Percebeu-se que, mesmo com avanços importantes em relação à aprendizagem dos conceitos problematizados neste estudo, as mudanças conceituais realizadas pelos estudantes ocorrem de forma diferente; portanto, são as estratégias utilizadas na pesquisa, como o estudo de caso, que permitem avaliar gradativa e qualitativamente os progressos e dificuldades dos estudantes, na sua individualidade e ao mesmo tempo como grupo específico. Por isso, há de se considerar o contexto, pois, muitas vezes, ao modificar a situação-problema, os entendimentos dos estudantes variam, e

¹ Disponível em: pensaqui.canoas.ifrs.edu.br

ainda, a interação com os colegas, seus diferentes pontos de vista podem influenciar nas explicações elaboradas.

Assim, percebe-se o processo de aprendizagem como dinâmico, ou seja, se modifica continuamente, e é o olhar atendo do professor, que também é pesquisador da sua prática, que permitirá a identificação das transformações que ocorrem com os estudantes a cada atividade que é desenvolvida. Esses resultados corroboram com outros estudos já realizados (Silva, 2014; Liu & Lesniak, 2006, Adadan, Trundle & Irving, 2010) e indicam a importância da sua divulgação e da consideração por parte dos professores ao planejarem o seu fazer de sala de aula.

Ainda, estudos como o de Treagust et al. (2013) mostraram que, mesmo depois de vários anos de instrução, os estudantes continuam apresentando um entendimento limitado sobre a teoria corpuscular da matéria, e que, essa realidade persiste mesmo depois de décadas em que há uma lenta tradução dos resultados de pesquisas para as práticas de sala de aula. Dessa forma, percebe-se que a complexidade dos conceitos abordados pela química não pode ser desconsiderada no processo de aprendizagem, e, a proposta apresentada nesta investigação torna-se um caminho possível e que se justifica pelos avanços percebidos nos resultados encontrados.

A análise dos resultados obtidos por meio de estratégias distintas (pré e pós-testes; atividades desenvolvidas ao longo do período letivo) permitiu uma avaliação ampla do processo e mostrou que, ao final do período letivo, uma parte dos estudantes ainda não utilizava o modelo corpuscular da matéria para explicar as problematizações propostas, assim como também não considerava a conservação das propriedades não observáveis em suas explicações, pautando-se exclusivamente no que o nível macroscópico pode proporcionar de informações. Todavia, a quantidade de estudantes que constituiu esse grupo é pequena quando comparada ao maior grupo de estudantes que explicitou mudanças consideráveis nas explicações e diferenciações realizadas. Destaca-se a existência de um grupo intermediário, que mostrou a construção de modelos que são um misto entre o que é cientificamente aceito e o que constitui suas teorias implícitas oriundas de situações do cotidiano, manifestando algumas dificuldades na diferenciação entre elas. Considera-se, como já foi dito anteriormente, que essa é uma etapa que faz parte do processo de aprendizagem, que se caracteriza um avanço importante e que deve ser considerada como indicativo da necessidade de novas e distintas problematizações para que novos conhecimentos sejam construídos ao longo da formação básica, ou mesmo após o seu término. De acordo com Karatas et al. (2013), o processo de desenvolvimento é lento e ocorre com taxas diferentes para distintos estudantes, mesmo no nível universitário, em que os estudantes expressam visões ingênuas sobre o modelo corpuscular da matéria, semelhantes às dos estudantes do Ensino Fundamental e Médio.

Entende-se, assim, que os resultados apresentados por esta investigação são pertinentes para a melhoria do ensino e da aprendizagem da química, principalmente para propostas organizadas para estudantes que estão iniciando o seu contato com a disciplina de química, e, além disso, indicam a relevância da continuidade de estudos como este, iniciado no primeiro ano, e que pode ser ampliado ao longo das séries seguintes, chegando à compreensão de interações entre sistemas que levam à conservação e ao equilíbrio.

Referências

Adadan, E.; Trundle, K. C.; & Irving, K. E. (2010). Exploring Grade 11 Students' Conceptual Pathways of the Particulate Nature of Matter in the Context of Multirepresentational Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, (8), 1004-1035. Acesso em 12 fev., 2017, <https://doi.org/10.1002/tea.20366>.

Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. Edições 70, LDA: Lisboa.

- Benlloch, M. (1997). *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid : Visor.
- De Jong, O.; Van Driel, J.; & Verloop, N. (2005). Preservice Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Using Particle Models in Teaching Chemistry. *Journal of Research in science teaching*. 42,(8), 947–964. Acesso em 20 nov., 2016, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.20078>.
- Garcia, R. (1997). *Criar e compreender: A concepção piagetiana do conhecimento*. Substratum: Temas fundamentais em Psicologia e Educação. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Gómez Crespo, M. A. (2008). *Aprendizaje e instrucción en Química*. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia. Ministerio de educación. Gobierno de España. Madrid: Secretaría General Técnica.
- Gómez Crespo, M. A.; Pozo, J. I.; Sanz, A.; & Limón, M. (1992). La estrutura de los conocimientos previos en Química: una propuesta de núcleos conceptuales. *Investigación en la Escuela*, 18, 21 – 40. Acesso em 10 out, 2013, <http://hdl.handle.net/11441/59507>.
- Hadenfeldt, J.C.; Neumann, K.; Bemholt, S.; Liu, X.; & Parchmann, I. (2016). Students' Progression in Understanding the Matter Concept. *Journal of Research in Science Teaching*. 53 (5), 683–708. Acesso em 3maio, 2017, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/tea.21312>.
- Johnstone, A. (2000). Teaching of Chemistry – Logical or Psychological? *Chemistry Educacion: Research and Practice in Europe*, p. 9 – 15. Acesso em 10 jul., 2012, pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2000/rp/a9rp90001b.
- Karatas, F.O.; Ünal, S.; Durland, G.; & Bodner, G. (2013). What Do We Know about Students' Changes in Students' Conceptions of the Particulate Nature of Matter from Pre-instruction to College. In Tsaparlis, G & Hannah, S.(Coord.), *Concepts of Matter in Science Education*. Springer Dordrecht Heidelberg New York London, 231-248.
- Léon, O. G.; & Montero, I. (2003). *Métodos de investigación em Psicologia y Educación*. 3 ed. Madrid: McGraw-Hill.
- Liu, K., & Lesniak, K. (2006). Progression in Children's Understanding of the Matter Concept from Elementary to High School. *Journal of Research in Science Teaching*. 43 (3), 320-347. Acesso em 20 jul., 2016, <https://doi.org/10.1002/tea.20114>.
- Lüdke, M.; & André, M. E. D. A. (2013). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. 2 ed. São Paulo: EPU.
- Papageorgiou, G. (2013). Can Simple Particle Models Support Satisfying Explanations of Chemical Changes for Young Students? In Tsaparlis, G & Hannah, S. (Coord.), *Concepts of Matter in Science Education*. Springer Dordrecht Heidelberg New York London, 249-278.
- Pozo, J. I.; & Pérez Echeverría, M.D.P. (1998). 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.
- Pozo, J. I.; & Gómez Crespo, M. A. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências*. Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5 ed. Porto Alegre: Artmed.
- Pozo, J. I. (2008). Aprendices y Maestros. *La psicología cognitiva de aprendizaje*. 2 ed. Madrid: Alianza Editorial.

Silva, D. R. (2014). *O processo criativo na aprendizagem das transformações químicas: uma proposta para estudantes construírem novos conhecimentos na Educação Básica*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre.

Silva, D. R.; Hübler, P. N. ; Perry, G. ; Santos, M. B. ; Carneiro, M. L. F.; Del Pino, J. C. (2015). PensaQui: A Learning Object about Chemical Transformations. *Journal of Chemical Education*. v. 2, p.387-390.

Talaquer, V. (2013). How Do Students Reason About Chemical Substances and Reactions? In Tsaparlis, G & Hannah, S. (Coord.), *Concepts of Matter in Science Education*. Springer Dordrecht Heidelberg New York London, 249-278.

Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Halim, L., Ong, E., Zain, A. N. M., & Karpudewan, M. (2013). Understanding of Basic Particle Nature of Matter Concepts by Secondary School Students Following an Intervention Programme. In Tsaparlis, G & Hannah, S. (Coord.), *Concepts of Matter in Science Education*. Springer Dordrecht Heidelberg New York London, 125-141.