



ROTAS DE TRANSIÇÃO MODAL E O ENSINO DE REPRESENTAÇÕES ENVOLVIDAS NO MODELO CINÉTICO MOLECULAR

Transitional modal routes and the teaching of representations on a molecular kinetics model

Ana Luiza de Quadros [aquadros@qui.ufmg.br]

Departamento de Química - ICEx

Universidade Federal de Minas Gerais

Avenida Pres. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

Marcelo Giordan [giordan@usp.br]

Faculdade de Educação

Universidade de São Paulo

Av. da Universidade, 308 - Butantã, São Paulo – SP, Brasil

Resumo

Neste trabalho, nos baseamos em estudos envolvendo múltiplas representações e representações multimodais e investigamos aulas sobre o modelo cinético molecular, a partir de episódios de interação entre uma professora de Química e seus estudantes de Ensino Médio, os quais foram registrados em vídeo e analisados por meio de técnicas de análise microgenética. Nas aulas, os estudantes foram convidados a propor representações para três fenômenos observados por meio de experimentos. A professora conduziu as aulas seguintes em torno da avaliação, negociação e aperfeiçoamento das representações. Percebemos, ao longo da atividade, que a comunicação teve caráter multimodal e a professora representou o mesmo fenômeno por meio da fala, desenho, gestos e aparatos experimentais. A análise da performance e da interação multimodal nos permitiu caracterizar rotas de transição entre os modos semióticos. Essas transições se mostraram importantes para a construção de significados, proporcionando algumas restrições produtivas. A performance da professora possibilitou perceber potencialidades e limitações envolvidas no uso da comunicação multimodal e das múltiplas representações.

Palavras-Chave: ensino de Química; multimodalidade, representação multimodal; rota de transição modal.

Abstract

In this work, we draw on studies involving multiple representations and multimodal representations and investigated classes on the molecular kinetic model, from episodes of interaction between a chemistry teacher and her high school students, which were recorded on video and analyzed through microgenetic analysis techniques. In the classes, students were invited to propose representations for three phenomena observed through experiments. The teacher led the following classes around the evaluation, negotiation and improvement of the representations. We realized throughout the activity that communication had a multimodal character and the teacher represented the same phenomenon through speech, drawing, gestures and experimental apparatuses. Performance and multimodal interaction analysis allowed us to characterize transition routes among semiotic modes. These transitions were important for the meaning making, providing some productive constraints. The teacher's performance made it possible to perceive affordances involved in the use of multimodal communication and multiple representations.

Keywords: Chemistry education; multimodality; multimodal representation, modal transition routes.

INTRODUÇÃO

Ensinar Química envolve promover a imersão de estudantes em um campo teórico abstrato, carregado de signos e de “entidades” que precisam ser imaginadas mentalmente, para que fenômenos sejam explicados. Na literatura, o uso de modelos, de modelagem ou de representações são recorrentes quando se trata da Química escolar. Gilbert (2003), considerando que os termos “modelo” e “representações” tratam de abstrações e que se trata de um campo teórico de alta complexidade, afirma que, independentemente do termo escolhido, a necessidade de usá-los é indiscutível. Esse caráter abstrato da ciência Química vem de encontro à tendência dos estudantes em aprender a partir de informações sensoriais (Ben-Zvi, Eylon, & Silberstein, 1987). Torna-se difícil para eles relacionar os aspectos macroscópicos de determinado fenômeno com o nível submicroscópico, característico da Química. Wu, Krajcik e Soloway (2001) afirmam que, mesmo tendo conhecimentos conceituais e habilidades para visualizar, os estudantes normalmente são incapazes de transitar entre diferentes representações, o que pode significar aprendizagem limitada.

Considerando que os termos “modelagem” e “representação” têm sido amplamente usados, algumas vezes com significado semelhante, embora conservem diferenças entre eles, neste trabalho optamos por usar o termo “representações” para tratar das construções feitas em sala de aula em torno de um fenômeno. Concordamos com Silva (2012, p. 6), quando afirma que a Química “é uma área do conhecimento profundamente imbricada com representações”. Enfatizamos o caráter dinâmico desse conhecimento, em função de se tratar de uma construção da mente humana, em contínua mudança.

Explicar os materiais nas suas propriedades, constituição e transformações exige a imersão no mundo submicroscópico ou abstrato, o que pode gerar dificuldades de aprendizagem. Para superar essas dificuldades, uma grande variedade de abordagens tem sido objeto de investigação nas pesquisas em educação. Neste trabalho, analisamos as estratégias usadas por uma professora para auxiliar os estudantes na construção de representações envolvendo o modelo cinético molecular, ao tratar das partículas. Com isso, investigamos se o envolvimento ativo dos estudantes na elaboração, comunicação, negociação e reelaboração de representações contribui para o entendimento do papel da representação. Baseamo-nos em estudos australianos envolvendo múltiplas representações e representações multimodais (Tytler & Prain, 2013). A principal contribuição do artigo está na caracterização da performance da professora e na identificação do que denominamos rotas de transição modal entre representações, as quais se constituem em modelos para interpretar a forma como a professora lida simultaneamente com a orquestração de modos semióticos e as múltiplas representações.

REFERENCIAL TEÓRICO

Neste trabalho, exploramos as representações multimodais como uma possibilidade promissora para que estudantes aprendam Ciências. Para isso, partimos do socioconstrutivismo, que oferece as bases para o desenvolvimento das operações psicológicas nos estudantes, passamos pela multimodalidade como suporte teórico para o trabalho com representações, para então nos determos nas representações multimodais propriamente ditas.

a) O socioconstrutivismo e o papel do estudante em sala de aula

Vigotski, pesquisador bielo-russo que recebeu forte influência marxista, dedicou-se a estudos envolvendo a natureza psicológica da formação de conceitos. Ele partiu da percepção de que os métodos tradicionais de estudo dos conceitos, vigentes até então, não davam conta de explicar essa formação, principalmente por ignorarem o papel da palavra e do signo no processo de formação de conceitos. Em relação a isso ele afirma:

“o processo de formação de conceitos pressupõe, como parte fundamental, o domínio do fluxo dos próprios processos psicológicos por meio do uso funcional da palavra ou do signo. É somente na adolescência que se desenvolve esse domínio dos próprios processos de comportamento com o emprego de meios auxiliares” (Vigotski, 2009, p. 172)

Assim, Vigotski explora o significado da palavra, afirmando que esse significado reflete, da forma mais simples possível, a unidade do pensamento e da linguagem, ou seja, o significado da palavra é a unidade da palavra com o pensamento (Vigotski, p. 398). Esse significado não é estático, já que se desenvolve ao longo da vida do sujeito. A formação de conceitos ou a aquisição de sentidos é o resultado

de uma atividade intensa e complexa, na qual todas as funções intelectuais básicas participam, em uma combinação original.

Considerando que a palavra, ou o signo em geral, é o meio pelo qual o adolescente subordina ao seu poder as suas próprias operações psicológicas, formando o fluxo do próprio processo psicológico, no sentido de resolver os problemas que tem pela frente, parece-nos lógica a necessidade de envolver o estudante em atividades intensas e complexas. Tomar para si a palavra e comunicá-la pressupõe dar um significado a essa palavra, criando uma unidade entre pensamento e palavra. Porém, considerando esse significado como um processo dinâmico, a sala de aula se torna um ambiente em que as interações sociais podem levar à evolução desse significado.

Quando um estudante da Educação Básica vai comunicar uma explicação para um dado fenômeno, operações psicológicas certamente acontecem. Se queremos envolver esse estudante em atividades intensas e complexas, então é preciso que o coloquemos como coprotagonista na sala de aula, criando um ambiente favorável para que ele se envolva ativa e intelectualmente. Ao argumentar que o ensino direto de conceitos é pedagogicamente “estéril”, Vigotski (2009) afirma que ao assimilar uma palavra, mas não o conceito (aqui entendido como o significado da palavra), a criança estará usando a memória e não o pensamento, e certamente se sentirá *impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado* (p. 247).

Entendemos que o estudante pode se sentir motivado a se envolver com a aula quando tem diante de si um problema para ser resolvido, quando é estimulado a participar nessa resolução e quando tem objetivos bem definidos. Para que ele possa construir conceitos ou dar significado às palavras, o envolvimento em atividades intensas e complexas (Vigotski, 2009, p. 168), como é o caso de propor, comunicar e reelaborar representações, cria um ambiente favorável à aprendizagem. Nesse sentido, as múltiplas representações e as representações multimodais (Tytler, Prain, Huber, & Waldrup, 2013), como abordagens criadas e aperfeiçoadas socialmente, têm sido consideradas caminhos promissores para a formação de conceitos científicos, que dependem da capacidade do professor em promover a aprendizagem mediada por signos.

b) A multimodalidade na comunicação e na produção de significados

Para que a comunicação entre as pessoas seja eficiente, a linguagem oral e/ou escrita nem sempre é suficiente. Com isso, outros modos de comunicação são usados para que a mensagem seja entendida, em função dos interesses de quem comunica. Para o professor, que tem na comunicação com os estudantes sua principal função, desenvolver a competência comunicativa é essencial.

A partir da Gramática Sistêmico-Funcional (GSF), desenvolvida por Halliday (1978, 1985), e de outros estudos importantes abordando a linguagem, a semiótica social¹ ampliou a análise para além da linguagem verbal, incorporando estudos acerca da multimodalidade. Portanto, o conceito de multimodalidade tem origem na semiótica social. Importantes estudos (Jewitt, 2009; Kress, 2009, 2010; Kress & Van Leeuwen, 1996; Norris, 2004) tratam de modos semióticos que auxiliam na comunicação e na produção de significados para aquilo que é comunicado. As pesquisas desenvolvidas envolvendo os multimodos e a multimodalidade ampliaram as possibilidades de estudar a sala de aula como espaço de produção de significados. Segundo Mortimer, Moro e Sá (2018),

“A multimodalidade é um campo de pesquisa que parte do pressuposto de que os significados são produzidos, distribuídos, recebidos, interpretados e refeitos a partir da leitura de vários modos de representação e comunicação e não apenas por meio da linguagem falada ou escrita”. (p. 25)

A Multimodalidade refere-se às mais distintas formas e modos de representação utilizados na construção linguística de uma dada mensagem, tais como: palavras, imagens, cores, formatos, marcas/traços tipográficos, proxêmica, gestos, prosódia, além de outros modos que dependem do contexto. Em relação aos modos propriamente ditos, Kress (2010) afirma que “modo é um recurso semiótico para fazer sentido que é socialmente moldado e culturalmente dado” (p. 79). Para ele, a imagem, a escrita, o layout, o som, a música, os gestos, a fala, a imagem em movimento, uma trilha sonora e objetos 3D são exemplos de modos semióticos usados na representação e na comunicação. Norris (2004), além de usar os termos incorporado (quando o modo é executado pelo corpo humano, como é o caso do olhar, gestos, fala e da proxêmica) e não incorporado (para os modos que não são executados pelo corpo humano, no caso

¹ A semiótica social é entendida como o estudo dos processos e efeitos da produção, recepção e circulação dos significados em todas as suas formas, utilizados por todos os tipos de agentes em situações de comunicação diversas (Hodge & Kress, 1988).

da escrita, da música executada por um aparelho, a imagem de um vídeo), usa uma classificação na qual os modos têm por base a forma como são percebidos. Nesse caso, os modos podem ser considerados como auditivos (fala, música, som, efeitos sonoros etc.); visuais (olhar, impressão, imagem etc.); de ação (gesto, postura, movimento, expressão facial, contato e manipulação de objetos/modelos, ações mediadas com livros, projeção em tela etc.); e ambientais (proxêmica, layout etc.).

Neste trabalho focaremos nossa análise nos modos gesto, desenho na lousa, imagem e aparato experimental. O desenho na lousa é um modo visual explorado pela professora cujas aulas foram objeto de análise, enquanto a imagem refere-se ao desenho feito pelos estudantes e que foi projetado na tela, como forma de compartilhar com toda a turma. O aparato experimental refere-se aos objetos usados pelos estudantes, ao realizarem três experimentos. Durante a aula analisada, a professora trouxe esses objetos e os utilizou várias vezes, o que nos levou a classificá-los como modo, pela função que tiveram nas aulas. Assim, fazemos, a seguir, uma descrição mais detalhada do modo gestual.

Para a função gestual, optamos por usar a classificação proposta por Kendon (2004), por considerar a natureza funcional do gesto, ou seja, o seu papel na dinâmica da interação multimodal. A tipologia de gestos de Kendon (2004) classifica-os em referenciais e pragmáticos e cada uma dessas classificações se subdivide em outras. A Figura 1 faz uma síntese dessa classificação.

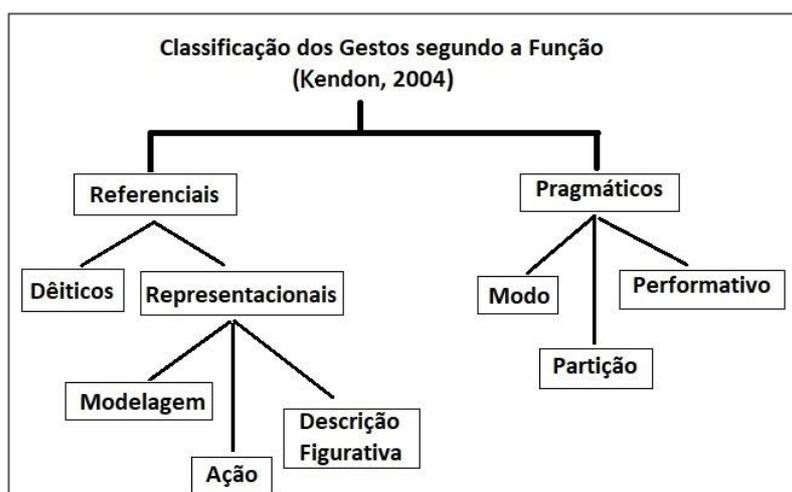


Figura 1 – Classificação dos gestos, adaptado de Kendon (2004)

Segundo Kendon (2004), os gestos referenciais sempre fazem referência ao conteúdo que está sendo enunciado, enquanto os gestos pragmáticos se relacionam aos aspectos do significado de um enunciado que não fazem parte nem de seu significado referencial, nem de seu conteúdo proposicional.

Os gestos referenciais se classificam em:

- a) Gestos dêiticos: são gestos usados pelo falante para apontar ou indicar um objeto concreto, virtual ou mesmo abstrato, de referência do enunciado.
- b) Gestos representacionais: são gestos que representam um aspecto do conteúdo do enunciado. Eles podem ser:
 - Gestos de modelagem – quando uma parte do corpo é usada como se ela fosse um modelo ou referência de comparação com algum objeto.
 - Gestos de ação – quando as partes do corpo em gesticulação apresentam um padrão de ação semelhante àquele sobre o qual se fala.
 - Gestos de descrição figurativa – quando o falante esboça a forma do objeto descrito, ou seja, “desenha” o objeto no ar.

Os gestos pragmáticos, por sua vez, se subdividem em:

- a) Gestos de modo: quando o falante altera a forma da interpretação daquilo que está sendo dito no enunciado, como uma hipótese, uma assertiva ou uma interrogação, podendo também ter uma função intensificadora da fala.

- b) Gestos de partição: quando o falante pontua a fala de acordo com seus diferentes componentes frasais.
- c) Gestos performativos: quando o falante faz uma espécie de pedido, uma súplica, uma oferta, um convite, uma recusa e assim por diante.

Kendon (2004) argumenta que esses gestos podem ter um papel crucial na interação entre as pessoas e podem permitir que interlocutores se apropriem do enunciado de uma forma mais vívida e evocativa. À medida que os gestos são usados para fazer referências dêiticas, para representar objetos ou ações, para pontuar ou ressaltar aspectos da fala, certamente eles se tornam importantes na comunicação.

Na literatura podemos perceber inúmeros relatos de pesquisa envolvendo a análise de gestos de professores em salas de aula de Ciências. Eles abordam aulas de Química Orgânica do Ensino Superior (Mortimer *et al.*, 2014; Chue, Lee, & Tan, 2015), professores de Química do Ensino Médio (Danielsson, 2016; Abels, 2016), professores de Química em formação inicial (Giordan, Silva-Neto, & Aizawa, 2015), professores de Ciências do Ensino Médio (Wilson, Boatright, & Landon-Hays, 2014), professores de Ciências do Ensino Fundamental (Piccinini & Martins, 2005; Sessa & Trivelato, 2017; Oliveira *et al.*, 2014) e até mesmo um tutor virtual (desenho animado) que usava gestos ao comunicar as atividades on-line (Martins, Demorais, Schaab, & Jaques, 2016). Outros trabalhos analisam os gestos em estudantes do Ensino Fundamental (Kapon, 2017; Ünsal, Jakobson, Wickman, & Molander, 2018), de Ensino Médio (Gregorcic, Planinsic, & Etkina, 2017) e envolvendo estudantes do Ensino Fundamental e universitários (Iani, Cutica, & Bucciarelli, 2017). Esses são alguns exemplos de trabalhos envolvendo gestos, que mostram uma intensa e promissora contribuição na comunicação, no ensino e na aprendizagem.

Como professores, estamos envolvidos na atividade de comunicação, atentos ao entendimento do que é comunicado e, para isso, os modos e os recursos semióticos dos quais nos apropriamos acabam por ter uma função importante na produção de significados. Acreditamos que o olhar para esses modos e recursos auxilia os professores a desenvolver habilidades que promovam uma relação eficaz entre comunicação e produção de significados na sala de aula.

c) As representações no Ensino de Ciências segundo a perspectiva das múltiplas representações e das representações multimodais

Partindo da premissa de que a construção de significados se dá pelo envolvimento dos estudantes em atividades intensas e complexas, usamos a perspectiva das múltiplas representações e das representações multimodais. Prain e Tytler (2012) defenderam a importância de estudar as características das representações científicas. Afirmaram que as possibilidades e as restrições produtivas "oferecidas pelos modos de representação e por tarefas particulares permitem o raciocínio e a aprendizagem precisamente pelas formas específicas de canalizar a atenção e forçar escolhas da pessoa ou do grupo, ao construir e comunicar a representação" (p. 2759).

Prain e Waldrup (2006) e Prain, Tytler e Peterson (2009), considerando que as múltiplas representações englobam representar as mesmas ideias relacionadas à Ciência por meio de diferentes formas de representações, investigaram a relação entre o aprendizado da Ciência pelos estudantes e o uso dessas múltiplas representações. Porém, o olhar foi sendo dirigido para a comunicação em sala de aula, mais especificamente para a importância de os estudantes comunicarem uma proposta de representação para um fenômeno, em um processo negociado entre essa proposta e a representação canônica. Ao inserir o estudante na dinâmica da aula, realizando os desafios de propor, comunicar/justificar, reelaborar as representações, essa abordagem recebeu a denominação de "representações multimodais". Tang, Delgado e Moje (2014) descrevem as representações multimodais como sendo a integração de mais de uma modalidade para comunicar ideias. Nesse caso, os componentes de várias modalidades, tais como a linguagem, as representações, as fórmulas e os símbolos são usados individual ou simultaneamente para promover a aprendizagem de Ciências.

Tytler, Hubber e Prain (2013) afirmam que trabalhar com representações multimodais implica em: ter estudantes motivados para representar e justificar alegações causais relativas aos tópicos; os estudantes terem múltiplas oportunidades para representar, traduzir, justificar e reconfigurar compreensões por meio de processos de experimentação, de aprendizagem colaborativa entre pares e de negociação para chegar a um consenso, tendo a constante orientação de professores em torno da adequação representacional; os estudantes entenderem a forma/função de diferentes representações científicas (visuais, verbais e matemáticas); os estudantes serem capazes de integrar diferentes modos para interpretar e criar argumentos convincentes. Para que isso aconteça, Tytler, Hubber e Prain (2013) alertam que os professores devem fazer opções em torno de conceitos-chave, propor tarefas eficazes e

desafiadoras, ter sequências didáticas bem elaboradas, fazer relações entre as atividades da sala de aula e as representações e, ainda, escolher as representações a serem consideradas e integradas.

Prain e Waldrip (2008) investigaram professores que foram convidados e ensinados a trabalhar com representações multimodais. Segundo eles, os professores, durante a experiência, fizeram confusões entre modos e recursos, ao justificarem o trabalho, e confundiram as representações multimodais com os estilos de aprendizagem². Afirmaram, ainda, que os professores usaram uma diversidade de modos, mas não foram capazes de focar nas demandas interpretativas. Ao que nos parece, nesse trabalho o ensino ainda foi centrado no professor.

Em 2010, Prain e Waldrip organizaram um número especial do periódico *Research in Science Education* abordando representações multimodais. Partindo da premissa de que aprender Ciência significa ser alfabetizado cientificamente, esses autores afirmaram, no editorial (Prain & Waldrip, 2010), que o ensino deve dar uma atenção maior para a aquisição de ferramentas críticas que promovam o raciocínio e a aprendizagem. Para isso, deve ser dada ênfase às práticas de comunicação em sala de aula, o que inclui as linguagens verbal, visual e matemática. Ao considerar que toda representação na Ciência faz afirmações sobre o mundo natural, eles defendem que aprender Ciência implica compreender as bases dessas afirmações, como uma forma de produção de conhecimento. Eles argumentam, ainda, que os estudos que originaram a publicação do número especial destacam os desafios que professores e alunos enfrentam ao usar representações geradas por estudantes como parte do processo de aprendizagem.

O artigo de Hubber, Tytler e Haslam (2010) investiga as oportunidades de aprendizado e as estratégias usadas pelos professores quando estudantes do Ensino Médio produzem representações relativas à força e conceitos correlatos. Hand e Choi (2010) investigam o uso de representações multimodais incorporadas por estudantes universitários em relatórios construídos a partir de aulas de laboratório de Química Orgânica. Com base em uma série de perspectivas teóricas e estudos de pesquisa em sala de aula, Waldrip, Prain e Carolan (2010) apresentam uma estrutura pedagógica para orientar a incorporação de representações geradas por estudantes e pelos professores em aulas de Ciências. Ao destacarem o importante papel das representações na Ciência, Klein e Kirkpatrick (2010) defendem a ideia de que as representações são centrais no ensino e aprendizagem em Ciências, já que, para eles, essas representações são parte integrante do raciocínio a respeito dos fenômenos científicos. Yore e Hand (2010) tratam de uma agenda de pesquisa para o desenvolvimento de competências para lidar com múltiplas representações e representações multimodais. Tang e Moje (2010) analisam como os pontos, caixas e setas de uma representação feita pelos estudantes e os gestos de professor e estudantes, associados ao diálogo entre ambos, contribuem para a compreensão do conceito de pressão atmosférica. Anthony, Tippett e Yore (2010) relatam três anos de um projeto visando o letramento científico no Canadá e analisam os desafios enfrentados por professores, estudantes e pesquisadores. Cada um desses estudos destaca os desafios que professores e estudantes enfrentam ao usar representações. Esses desafios parecem estar relacionados à compreensão dos professores a respeito dos conceitos-chave, à representação desses conceitos, às sequências didáticas adequadas e aos métodos apropriados de avaliação. Para os estudantes, o desafio está em aprender como construir seus recursos representacionais e adequá-los às convenções da Ciência

Em 2013, Tytler, Prain *et al.* (2013) publicaram o livro *“Constructing Representations to Learn in Science”*, no qual vários autores fazem relatos de suas pesquisas envolvendo múltiplas representações e representações multimodais. A ênfase, nos diferentes capítulos, se dá na abordagem representacional tanto na aprendizagem quanto no ensino da Ciência escolar e no intenso envolvimento dos estudantes nas aulas.

Prain e Tytler (2013a) chamam a atenção para a agenda de pesquisa em torno do trabalho representacional dos estudantes para aprender Ciências, com a intenção de (a) esclarecer precisamente o que consideram diversidade do pensamento e das práticas correntes em torno da atividade representacional, e (b) articular o que é distinto dessa abordagem quando comparada com as tradições e com as pesquisas anteriores. Com uma tradição maior na pesquisa com professores, Waldrip e Prain (2013) relatam um estudo inicial que apontou para crenças de professores em torno do uso de diferentes representações e quatro estudos de caso com foco explícito no papel das representações no aprendizado de Ciências e, a partir disso, apontam para uma estrutura que visa orientar a prática docente. Tytler, Hubber, Prain e Waldrip (2013) apresentam os princípios de uma abordagem de ensino e aprendizagem de Ciência baseada na geração, negociação e refinamento de representações dos estudantes, em um processo mediado pelo professor. Em seguida, relatam experiências em sala de aula envolvendo os

² Estilos de aprendizagem são maneiras únicas e pessoais que um sujeito utiliza para conseguir aprender o que lhe é proposto. Por exemplo, pessoas com estilo visual mais desenvolvido aprendem mais lendo ou em aulas com projeção em tela ou com escrita na lousa. Os estilos auditivo e sinestésico são outras possibilidades.

conteúdos de força e de substância, com turmas de estudantes do Ensino Fundamental, apontando evidências de aprendizagem conceitual e meta-representacional dos estudantes.

Ao afirmar que a abordagem baseada no princípio da construção de representação pelos estudantes fornece uma resposta poderosa aos problemas identificados na literatura acerca do aprendizado de conceitos-chave da Ciência, Tytler, Hubber e Prain (2013) exploram os desafios implicados na variação de representações. Para isso, eles produziram, junto com os professores, sequências didáticas tendo como foco animais, água, energia (para o Ensino Fundamental), e força, substância e astronomia (para o Ensino Médio), que foram desenvolvidas pelos professores, nas escolas, e analisadas pelos pesquisadores. Com isso, eles apontam caminhos para os professores que se dispõem a usar essa abordagem. Prain e Tytler (2013b) utilizam várias perspectivas teóricas e pesquisas anteriores acerca da linguagem e da aprendizagem na Ciência, para justificar como e por que o envolvimento do estudante nas práticas de construção de representação promove a aprendizagem na Ciência, apontando, ainda, inúmeras vantagens que o uso de uma abordagem baseada na construção negociada de representações traz para a aprendizagem.

Tytler, Prain, Hubber e Haslan (2013) analisam dois casos de trabalho com representações multimodais, em que os estudantes realizaram uma série de raciocínios, usando explicações formais e informais. Com isso, eles argumentam em defesa da necessidade de professores considerarem as duas formas de raciocínio dos estudantes, para que ocorra a aprendizagem em Ciências. Em seguida, eles sugerem uma taxonomia indicativa dos diferentes propósitos do raciocínio, como parte dos processos da Ciência. Hubber e Tytler (2013) exploram, de uma forma geral, a relação entre modelos/modelagem e as representações multimodais, mostrando uma íntima relação entre essas abordagens. Para isso, eles acompanharam sequências didáticas abordando astronomia e matéria. Eles defendem que, ao construir, refinar e comunicar modelos e representações, os estudantes usam representações informais que não oferecem uma solução para um problema/fenômeno, mas que são recursos transitórios para chegar a essa solução. Portanto, eles consideram os modelos ou representações transitórias como legítimos, já que satisfazem o objetivo para o qual foram construídos. Eles afirmam que os modelos não surgem por acaso e que a própria comunidade científica constrói modelos multimodais que são, muitas vezes, pessoais e que vão sendo refinados à medida que são comunicados. Para eles, trata-se de uma pedagogia de sucesso, baseada na ontogênese dos modelos científicos.

Hubber (2013) dirige o olhar para os professores que trabalharam em colaboração com os pesquisadores, no uso da abordagem baseada na construção, refinamento e comunicação de representações multimodais. Segundo ele, os professores se tornaram fortes defensores dessa abordagem, o que o leva a defender o forte potencial de aceitação em larga escala. Waldrip, Hubber e Prain (2013) analisam o processo de avaliação, quando a abordagem é baseada nas representações multimodais. Eles afirmam que a avaliação formativa, pautada na abordagem cognitiva, ignora as teorias semióticas e os aspectos relacionados à produção e validação do conhecimento científico. Para eles, os desafios representacionais apresentados aos estudantes fornecem um foco prático e valioso para a avaliação formativa. Além de envolver os estudantes em uma ampla gama de recursos, eles sugerem que:

- “1. Os professores precisam de considerável apoio de aprendizagem profissional para mudar a orientação e as estratégias usadas em sala de aula.*
- 2. Os professores precisam desenvolver a capacidade dos estudantes de fazer e de criticar representações, como um aspecto crucial do desenvolvimento da alfabetização científica.*
- 3. Há necessidade de investigar a adequação da avaliação somativa como método de avaliação ou para mensurar a alfabetização científica”.* (Waldrip; Hubber; Prain, 2013, p. 169)

Baseados nas contribuições de pesquisadores ao livro *“Constructing Representations to Learn in Science”*, Tytler e Prain (2013) retomam as perspectivas que dão sustentação à abordagem com representações multimodais, principalmente a semiótica e a sociocultural, com a intenção de discutir como cada uma delas se relaciona com a abordagem das representações multimodais. Enfatizam, ainda, como a prática com múltiplas representações e representações multimodais se relaciona com a prática da própria Ciência e ressaltam o quanto essa pedagogia promove o entendimento da natureza da Ciência, além de promover uma aprendizagem de qualidade. Prain, Tytler, Hubber e Waldrip (2013) alertam que há necessidade de investimento na aprendizagem profissional do professor, no sentido de apoio efetivo na adoção dessa abordagem. Eles defendem que a abordagem baseada em representações multimodais respeita as ideias dos estudantes e a variedade de perspectivas culturais, pois o foco na negociação e no

esclarecimento de representações canônicas pode se alinhar com o desenvolvimento de entendimentos interculturais.

Após essas publicações, as representações multimodais têm sido exploradas de formas diversas, o que pode ser percebido nos periódicos especializados. Ünsal *et al.* (2018) investigaram o uso de gestos em estudantes bilíngues e perceberam que, no momento em que a habilidade linguística dos estudantes limitou a possibilidade de cada um se expressar, o uso de gestos resultou na continuação das atividades científicas. Com base na perspectiva da multimodalidade, Ying (2016) examinou como o aprendizado de Ciências é construído por meio de palestras científicas que usam múltiplos recursos semióticos, incluindo linguagem oral, gestos e produtos visuais. Segundo o autor, os dados mostram um fosso entre a representação multimodal e a comunicação, bem como a desconexão entre o discurso do professor e o discurso do estudante, significando indícios de aprendizagem limitada. Nazeem (2015), ao considerar as mudanças políticas dos programas de formação de professores da África do Sul, propõe a inclusão da abordagem baseada nas múltiplas representações como uma pedagogia produtiva que proporciona aos estudantes múltiplas oportunidades para desenvolver uma compreensão profunda dos conceitos científicos.

Tang, Delgado e Mogi (2014) analisaram episódios de uma aula com estudantes do Ensino Médio, em que eles usavam representações, com a intenção de aprender conceitos relacionados à nanociência. A análise se deu principalmente em relação ao tempo que um estudante geralmente gastava em uma ou mais representações e aos modos explorados dentro de uma representação, que variaram entre visuais, palavras ou símbolos, e também em relação à representação como um todo. Para esses pesquisadores, os estudantes, ao trabalharem com representações multimodais, integraram os componentes de uma representação para produzir significado. Gillies e Baffour (2017) analisaram os efeitos das representações multimodais e do discurso do professor no envolvimento dos estudantes com as atividades de aula e a apropriação da linguagem científica, em aulas de oito professores, sendo quatro considerados muito experientes e quatro, menos experientes. Eles afirmam que os professores experientes usaram bem mais representações incorporadas e um tempo maior questionando e ouvindo os entendimentos dos estudantes. Já os estudantes das classes de professores menos experientes gastaram mais tempo com as atividades, mas usaram a linguagem científica tanto quanto os estudantes das outras classes. Gunel e Yesildag-Hasancebi (2016) exploraram as características das representações multimodais em salas de aula da Turquia e o papel que desempenham na educação científica e nas atividades de escrita. Como resultado, argumentam que os estudantes foram capazes de identificar mentalmente representações multimodais, compreenderam sua função na comunicação e fizeram transições entre diferentes modos de representação. Para eles os estudantes aprenderam conceitos científicos com mais facilidade e essa aprendizagem teve um caráter mais permanente.

Danielsson (2016) analisou aulas em que professores desenvolviam conhecimento do átomo como um fenômeno científico, no Ensino Médio. O foco se deu no uso de diferentes recursos semióticos ao introduzir um conceito e, com isso, o autor explorou os aspectos do átomo que emergiram com o uso dos diferentes modos, vinculando isso ao que chamou de *affordance* modal, que pode ser compreendido como possibilidades e limitações dos modos de comunicação. Wilson (2013) acompanhou as aulas do Ensino Médio de três professores e realizou entrevistas periódicas ao longo de um ano letivo. Com a análise dos dados coletados, ele criou uma tipologia dos modos de acordo com a forma como eles preencheram as metafunções ideacionais, interpessoais e textuais da comunicação, identificando seis categorias.

Nitz, Precht e Nerdel (2014) desenvolveram um instrumento para avaliar o uso de representações em salas de aula e o testaram em aulas de Biologia (com 175 estudantes na primeira fase e 931 estudantes após reformulado) em escolas de Ensino Médio da Alemanha. Com os resultados obtidos, o instrumento final contabilizou seis escalas e 21 itens individuais e de sala de aula, abrangendo as seguintes dimensões: (1) interpretação de representações visuais, (2) construção de representações visuais, (3) uso de textos científicos (representações verbais), (4) uso de representações simbólicas, (5) número de termos utilizados em classe e (6) possibilidades de construção social ativa do conhecimento em classe. Segundo os autores, as escalas apresentaram validade e confiabilidade satisfatória em cada nível, o que os levou a propor outras aplicações possíveis.

No Brasil, encontramos seis trabalhos que têm se apropriado da abordagem com múltiplas representações para o ensino de Ciências. Um deles associa as múltiplas representações aos estudos de Ausubel (Laburú, Barros, & Silva, 2011), enquanto outro as associa aos estudos de Vigotski (Laburú, Zompero, & Barros, 2013). Um terceiro usou esse referencial como construto teórico para o ensino de Química (Sousa, Hernández, Andrade, & Laburú, 2017) e um quarto para a análise do uso de recursos digitais no ensino de Química (Greszczyszyn, 2017). Também tem sido usado no ensino de Matemática, em um construto de caráter teórico (Laburú & Silva, 2011) e para o conceito de função (Andrade & Saraiva,

2012). Porém, essas investigações não abordam as representações multimodais, que enfatizam a comunicação e o intenso envolvimento dos estudantes nas atividades propostas.

É possível perceber, por meio da literatura, uma tendência em expandir o trabalho com representações multimodais, tornando o estudante coprotagonista das aulas e da própria aprendizagem. Muitos pesquisadores citados alertam para a necessidade de preparar melhor o professor para lidar com a abordagem em torno das múltiplas representações e representações multimodais. Esses trabalhos também sustentam a hipótese geral de uma relação sinérgica entre a capacidade de comunicação multimodal e a produção de significados em sala de aula, o que se desenvolve por meio da interação entre professores e alunos. Em nosso trabalho, optamos por analisar as aulas de uma professora em função de sua proximidade com nossos grupos de pesquisa e por saber que ela dispense atenção especial ao trabalho com representações. Percebemos, em uma análise panorâmica da aula, que essa professora se utiliza de uma abordagem na qual realiza construção negociada de representações (Prain & Tytler, 2013b), explorando, para isso, a construção, a negociação e o refinamento de representações dos estudantes (Tytler, Hubber *et al.*, 2013). Alertamos, porém, que não houve qualquer tipo de planejamento prévio dessas aulas que envolvesse os autores, ou seja, a professora não foi preparada pelos pesquisadores para lidar deliberadamente com representações multimodais e múltiplas representações.

METODOLOGIA

Este trabalho envolve a análise de aulas de Química em uma turma de Ensino Médio, em que a professora desenvolvia conhecimento relativo ao modelo cinético molecular. Trata-se de um modelo de partículas que possui a estrutura básica comum a muitos outros modelos mais complexos em Química. Segundo Mortimer e Machado (2014), o modelo de partículas pode ser elaborado intuitivamente e, nesse sentido, tem potencialidades para que novos conceitos sejam introduzidos, ao abordar tanto os espaços vazios entre as partículas quanto o movimento intrínseco e a dimensão infinitamente pequena das partículas, conceitos que guardam complexidade para os iniciantes.

A turma era composta por 32 estudantes, frequentando o primeiro ano do Ensino Médio, em uma escola técnica situada na cidade de Belo Horizonte/MG. Há duas formas de ingresso no Ensino Médio, nessa escola: estudantes oriundos de uma escola de Ensino Fundamental próxima podem se matricular livremente para cerca de 40% das vagas. Os demais ingressam por meio de concurso ou exame, no qual conquistam vagas os melhores classificados. A infraestrutura é adequada e a professora atuante nessa turma tinha, na época em que os dados foram coletados, formação em pós-graduação/mestrado, e atuava na escola há pouco mais de 10 anos.

As aulas dessa professora eram conjugadas, durando cerca de 1h e 40min cada. Na primeira aula analisada, o tempo total do vídeo foi de aproximadamente 1h e 2min. Após esse tempo os estudantes realizaram trabalho em pequenos grupos, refazendo outras representações não tratadas durante a aula, para serem entregues à professora. Esse tempo não foi registrado em vídeo. Em aula anterior às aulas analisadas, os estudantes realizaram três experimentos: 1) fechar a ponta de uma seringa sem agulha e empurrar o êmbolo para dentro, diminuindo o espaço ocupado pelo ar (Figura 2); 2) um *kitassato* fechado na parte superior e com uma seringa acoplada na saída lateral, a qual deveria ter o êmbolo puxado, de modo a aumentar seu volume (Figura 3); 3) um tubo de ensaio com um balão acoplado na boca do tubo, o qual foi aquecido levemente (Figura 4).

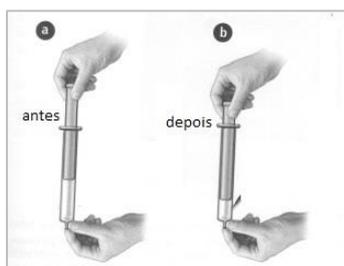


Figura 2 – experimento com a seringa. Fonte: Mortimer e Machado, 2012, p. 98.

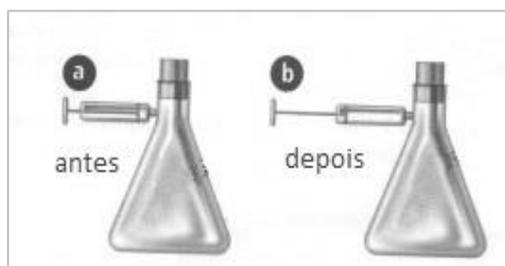


Figura 3 – experimento com kitassato e seringa. Fonte: Mortimer e Machado, 2012, p. 99.



Figura 4 – experimento com tubo de ensaio. Fonte: elaboração própria.

Os três experimentos foram realizados em grupos e, para cada um deles, os estudantes produziram uma representação, por meio de um desenho, após breve discussão sobre os fenômenos, sendo o desenho produzido entregue à professora ao final da aula na qual os experimentos foram realizados. Na primeira aula analisada, as representações dos estudantes já haviam sido digitalizadas e estavam disponíveis para serem projetadas na tela.

A primeira aula foi segmentada em episódios em função do tema ou atividade em questão. Ao todo foram mapeados sete episódios, assim divididos:

Quadro 1 – Segmentação da aula em episódios.

Episódio	Assunto	Tempo
1	Retomada dos principais conceitos trabalhados na aula anterior	00:00 a 03:07
2	Retomada do experimento 1	03:07 a 5:00
3	Retomada do experimento 3	5:00 a 6:28
4	Discussão sobre as partículas do experimento 1	6:28 a 32:27
5	Retomada das representações feitas pelos grupos de estudantes durante a aula anterior, na qual os experimentos foram realizados	32:27 a 41:56
6	Reconstrução da representação a partir da discussão	41:56 a 52:35
7	Estudantes refazem as representações para os dois primeiros casos	52:35 a 1:01:36

Fonte: elaboração própria.

Ao terminar o episódio 3, a professora anunciou que o foco dessa aula seria o experimento 1 (Figura 2), que passou a ser objeto de atenção da classe. Para nossa análise, optamos por considerar os episódios 4, 5 e 6, já que os três primeiros envolveram uma rápida revisão do conteúdo e no sétimo, os estudantes voltaram a trabalhar em grupo. Para caracterizar melhor essa aula, com auxílio do software NVivo®, fizemos a codificação do tempo de fala da professora e dos estudantes durante os episódios de interesse. A Figura 5 mostra a representação dessa codificação, obtida no software. As barras em azul e vermelho correspondem respectivamente aos momentos de falas da professora e dos alunos.

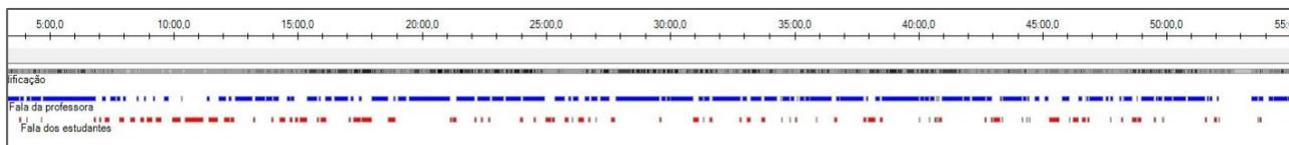


Figura 5 – Representação da codificação das falas da professora e dos estudantes, nos episódios 4, 5 e 6.

Fonte: elaboração própria a partir de NVivo®.

A partir da codificação representada na Figura 5, o tempo de fala da professora e dos estudantes também foi extraído do NVivo®, a partir de uma consulta à matriz de codificação. A Figura 6 mostra esse tempo em cada episódio.

	A : ep04	B : ep05	C : ep06
1 : Fala da professora	16:56,3	7:42,2	6:35,9
2 : Fala dos estudantes	7:27,2	1:28,7	2:12,9

Figura 6 – Tempo de fala da professora e dos estudantes nos episódios 4, 5 e 6. Fonte: elaboração própria a partir de NVivo®.

Os três episódios analisados correspondem a um tempo de aula de 46min e 7s. Podemos perceber na Figura 6 que o tempo total de fala da professora foi de, aproximadamente, 31min e 14s, enquanto o tempo total de fala dos estudantes foi em torno de 11min e 8s. O restante do tempo (3min e 45s) corresponde aos momentos em que os estudantes organizavam suas ideias para produzir uma explicação ou ao tempo de gerenciamento da aula, no qual a professora largava ou pegava o aparato experimental e/ou se deslocava da tela de projeção para a lousa de giz. Portanto, foram tempos em que não houve codificação de falas. Dessa forma, os tempos relativos de fala da professora e dos estudantes foram respectivamente 67,7% e 24,1%.

Nesses três episódios foram identificadas quatro possibilidades de tratar as representações: representação dos estudantes, por meio da projeção em tela; desenho na lousa; objetos oriundos do experimento (aparato experimental); e a representação incorporada, por meio de gestos. Considerando o foco de análise nas representações, optamos por considerar apenas os gestos representacionais (Kendon, 2004), nos momentos em que a professora os usava para representar um fenômeno.

O desenho na lousa, feito pela professora, a imagem projetada, com a representação dos estudantes, e os gestos usados para representar um fenômeno são considerados, na literatura consultada, modos semióticos. Consideramos os objetos que correspondem aos experimentos realizados também como modo semiótico, já que a professora usou esse aparato experimental com a clara intenção de mostrar algumas possibilidades e algumas restrições das representações, ou seja, o aparato experimental desempenhou nesses casos uma função referencial representativa.

Usamos o software NVivo® para codificar os modos que foram usados. Em determinados momentos, mais de um modo foi utilizado simultaneamente. Essa codificação permitiu identificar os momentos em que a professora transitava entre um modo e outro. Por comodidade de análise, já que as transições ocorreram com bastante frequência, gerando um número grande de transições, optamos por marcar grupos de transições. A demarcação de um grupo de transição considerou a presença de três ou mais modos semióticos e o que nos pareceu ser a intenção inicial da professora. Assim, a codificação inclui conjuntos de transição. A Figura 7 mostra as faixas de codificação dos modos semióticos e dos conjuntos de transição, para o intervalo analisado nessa aula.

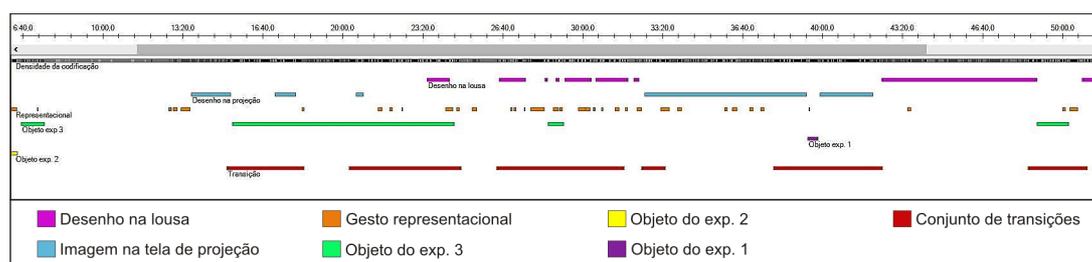


Figura 7 – Codificação dos modos semióticos mobilizados pela professora e das transições nos episódios 4, 5 e 6. Fonte: elaboração própria a partir de NVivo®.

Após realizar a codificação, definimos o que chamamos de rota de transição modal, em cada um dos conjuntos de transições marcados (T1 a T6). Essas rotas são demarcadas tanto pelas mudanças dos modos quanto pela manutenção de um propósito da professora. Observamos que essas rotas não são padronizadas e, por isso, a Figura 8 mostra a rota para cada um dos conjuntos. Ressaltamos que em vários momentos da aula a professora usou dois modos simultaneamente. Nesses casos, a rota considerou o modo semiótico ao qual a professora dedicava mais atenção em dado momento.

Conjunto de Transições	Tempo (min:s)	Rota de transição
T1	14:53 a 18:52	Desenho projetado ⇒ objeto ⇒ desenho projetado ⇒ gesto ⇒ objeto
T2	20:18 a 24:59	Objeto ⇒ desenho projetado ⇒ objeto ⇒ gesto representacional ⇒ objeto ⇒ desenho na lousa ⇒ gesto representacional
T3	26:23 a 31:47	Desenho na lousa ⇒ gesto representacional ⇒ desenho na lousa ⇒ objeto ⇒ desenho na lousa ⇒ Gesto representacional ⇒ desenho na lousa ⇒ gesto representacional ⇒ desenho na lousa
T4	32:30 a 33:26	Desenho na lousa ⇒ desenho projetado ⇒ gesto representacional ⇒ desenho projetado
T5	37:59 a 42:32	Desenho projetado ⇒ objeto ⇒ desenho projetado ⇒ desenho na lousa ⇒ objeto
T6	48:31 a 51:04	Desenho na lousa ⇒ objeto ⇒ gesto representacional ⇒ desenho na lousa

Figura 8 – Rotas de transição em cada conjunto de transições. Fonte: elaboração própria.

Uma vez codificados os modos e as rotas de transição, passamos a analisar as intenções da professora ao transitar entre um modo e outro e a contribuição dessas transições para a construção das representações relacionadas aos fenômenos tratados na aula. Para facilitar a análise, transcrevemos a íntegra das falas dos episódios 4, 5 e 6. Nessa transcrição, fornecemos nomes fictícios aos estudantes, preservando, assim, a identidade, conforme previsto no termo de consentimento livre e esclarecido de participação na pesquisa. Nos fragmentos usados no texto, sublinhamos as falas que julgamos importantes.

Uma semana após essa primeira aula analisada, a professora tratou de um experimento trazido para o contexto da sala de aula por uma estudante. Segmentamos essa segunda aula em episódios e analisamos o episódio 2, que tratou desse experimento. A Figura 9 mostra o diagrama da categorização, extraído diretamente do NVivo®.

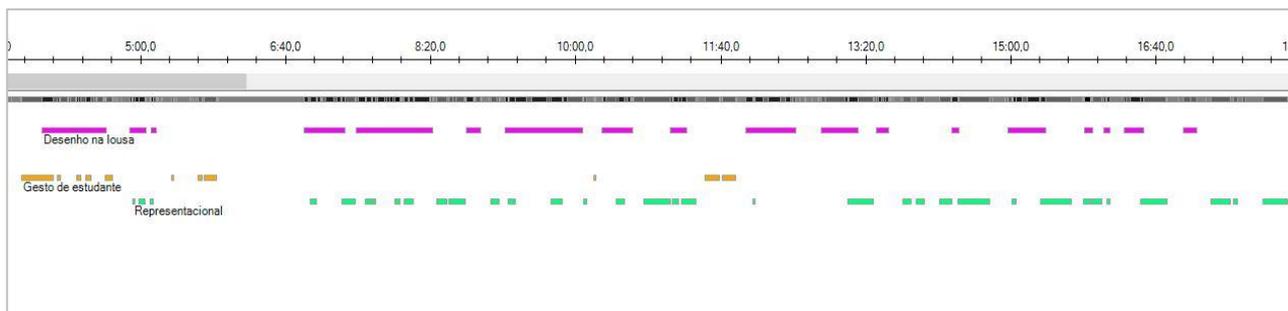


Figura 9 – Codificação do Episódio 2 da aula posterior à aula que lidou com representações. Fonte: elaboração própria a partir de NVivo®.

Como pode ser observado, os modos codificados foram desenho na lousa, gestos representacionais dos estudantes e gestos representacionais da professora.

Para a análise dos dados, utilizamos categorias que foram criadas a partir dos dados. Essas categorias correspondem ao que entendemos serem as intenções da professora: entendimento da distância entre as partículas; construção da ideia de quantidade de partículas; entendimento do que leva o balão a aumentar de volume; síntese das discussões realizadas na aula; e condução da aula por uma estudante. A análise em cada uma dessas categorias foca nas transições que a professora realizou para ensinar os estudantes a representarem adequadamente as partículas envolvidas nos experimentos que haviam sido realizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira aula analisada, a professora usa multimodos para comunicar e, assim, auxiliar os estudantes na construção de representações para os três fenômenos por eles produzidos em aula anterior. A professora usa diferentes modos semióticos de forma muito dinâmica, o que provocou várias transições entre um modo e outro. Destacamos, a seguir, algumas dessas transições, por considerarmos que elas contribuíram significativamente para que os estudantes melhorassem as representações para os fenômenos em discussão naquela aula.

a) Transições que auxiliam no entendimento da distância entre as partículas

Aos 15min e 18s da primeira aula, a professora, que discutia com os estudantes os desenhos por eles produzidos para representar o fenômeno do experimento 3, se aproximou de sua mesa e pegou o objeto usado nesse experimento, ou seja, um tubo de ensaio com um balão acoplado na boca desse tubo. No fragmento transcrito a seguir (Quadro 2) a transição que destacamos em T1 se dá no momento em que a professora pronuncia “então deixa eu fazer uma pergunta”.

Professora: Vocês estão percebendo alguma diferença entre os vários modelos, vocês acham que estão todos parecidos?
Martins: O triângulo, só isso.
Professora: Aí é só representação do aquecimento, né, mas no modelo, propriamente dito, nas partículas, como é o comportamento das partículas lá?
Paula: ...como se você colocasse mais ar dentro do balão...
Professora: Tá, o grupo seis parece ter mais ar dentro do balão, do que fora dele.
Paula: Não sei se foi de propósito.
Professora: Não? Aí é uma dica, assim, gente, porque na hora que a gente olha todas essas possibilidades agora, a gente vai vendo os cuidados que a gente tem que ter na hora de representar.
Maria: No grupo seis, assim, se a gente for observar, no desenho que eles representaram separado, o grupo seis ali. Antes, não tem nenhuma partícula dentro do balão, só depois.
Paulo: Mas a gente falou
Sandra: É, a gente esqueceu.
Professora: Tá, então deixa eu fazer uma pergunta. Tudo bem, né, esse balãozinho que vocês receberam aí, a gente aperta assim, a gente até sente mesmo que tem um lado [...], mas e se o balão estivesse assim, bem murcho mesmo, sabe, assim, quando a gente pega um balão novinho, bem coladinho uma parede na outra, isso significa que não tem ar nenhum lá dentro?
Pedro: Professora, tem uma quantidade mínima.
Professora: E como é que pode ter ar lá dentro, se os dois estão tão coladinhos assim?

Quadro 2 – Transcrição das falas ocorridas em um fragmento de T1.

A professora esperava que os estudantes percebessem que as partículas desenhadas nas representações que tinham sido projetadas na tela guardavam distâncias entre si, diferentes em um desenho e outro. No entanto, apenas observando os desenhos eles não foram capazes de atentar para isso. Em função dessa incompreensão, a professora pegou o objeto do experimento 3, ou seja, o tubo de ensaio com o balão, no momento em que pronunciou “então deixa eu fazer uma pergunta” (Quadro 2), compartilhando o foco da atenção entre o desenho projetado e o aparato experimental. Nesse momento, ela iniciou a construção da ideia de que em um espaço pequeno, como é o caso do espaço dentro de um balão murcho, tem ar presente e, portanto, partículas de ar, que devem ser representadas observando-se uma determinada distância entre elas. Destaca-se, ainda do ponto de vista do conteúdo do discurso, que a professora desenvolveu um raciocínio sobre a própria forma de representar, quando se referiu à “dica”, aos “cuidados”, à “hora de representar”. Ou seja, trata-se de um movimento epistêmico de meta-representação, que nesse caso aparece associado à rota de transição entre modos semióticos observada.

Em seguida, conforme transcrição presente no Quadro 3, ao tratar da distância das partículas dentro do balão murcho a professora perguntou “elas estão mais próximas do que ali, ó?”, apontando para a projeção. A estudante Ana mostrou um conhecimento limitado, mas foi auxiliada por outra estudante que fazia parte do mesmo grupo que Ana:

Professora: Que elas estão
Ana: Juntas
Professora: Elas estão juntas? É uma boa pergunta: elas estão mais próximas do que ali, ó?
Ana: Ali é só uma representação, e se for considerar aquele tamanho ali, não, não sei falar direito, elas com certeza estão mais próximas do que o que a gente desenhou.
Professora: Elas estão mais próximas do que ali, ó?
Sandra: Não, tipo assim: sem pensar na representação ali. Tomando por base, independente de as paredes estarem tão perto ou tão afastadas, elas vão estar na mesma distância? Na realidade, tipo assim, tem um balão igual aqui, tem um balão igual ali, com as paredes bem próximas. No estado gasoso, elas vão estar na mesma distância ou não? Independente do que a gente desenhou, na realidade, se fosse aqui, estaria a mesma coisa ou não, entende?
Professora: Vocês entenderam a pergunta que ela tá repetindo ali? Quer dizer, independente do desenho, o que significa, se eu pensar que as duas paredes estão muito próximas, a distância entre as partículas que estão ali, do gás, no meio das duas paredes, é igual à distância que elas estão aqui dentro do tubo, ou elas estão mais próximas? Ou mais afastadas?

Quadro 3: Transcrição de um fragmento de diálogo ocorrido em T1.

A atenção, que tinha se dirigido para o desenho projetado, voltou-se para o objeto do experimento 3 quando a professora disse “independente do desenho, o que significa, se eu pensar que as duas paredes estão muito próximas”. A atenção compartilhada entre o desenho e o aparato experimental justifica-se, nesse caso, pelo propósito da professora em indicar a incongruência na forma de representar a distância

entre as partículas, o que a levou a colocar o aparato em primeiro plano. Observa-se também que a estudante reconheceu as limitações do desenho e relativizou a sua função representativa quando empregou o termo “só”. Novamente, verifica-se atenção explícita da professora, e agora das estudantes, sobre o papel das representações na construção da explicação para o fenômeno. Nessa sequência discursiva, alguns estudantes responderam adequadamente a respeito da distância entre as partículas. No entanto, um comentário de um estudante falando de partículas “microscópicas” fez com que a professora passasse a explicar o significado da palavra microscópico e o quanto o termo não era adequado para as partículas que eles estavam representando. Ao voltar à discussão das representações, o foco parece ter mudado para o movimento das partículas.

Aos 39min e 44s, durante a rota T5, a professora retomou o debate em torno da distância entre as partículas, ao discutir a diferença entre fazer “pontinhos” ou fazer “bolinhas” (Quadro 4) para representar uma partícula e garantir que elas fiquem iguais, ao que todos concordam que os “pontinhos” seriam mais adequados. O fragmento transcrito a seguir auxilia a entender o que aconteceu na aula.

Professora: Fazendo pontinhos em vez de fazer bolinhas, tá? Pontinho é melhor que bolinhas, tá certo? Mas ainda tem uma coisa que ninguém falou até agora. Vocês já têm uma noção, né? Qual é a diferença entre o material no estado gasoso e no estado sólido, por exemplo?
Simone: Organização das partículas.
Professora: as partículas ((de um sólido)) são mais organizadas e o que mais?
Ana: mais próximas.
Professora: E muito próximas. Então olha lá nosso exemplo de novo.
Pedro: Ou seja, nosso modelo é água. (risos)
Marcos: o nosso ar é líquido! (risos)
Professora: Ou?
Sandro: ou sólido.

Quadro 4: Transcrição de fragmento de diálogo ocorrido em T5.

A partir desse momento ela mobilizou um contexto mental, deslocando esse contexto para a discussão em curso, ou seja, ela criou uma continuidade entre o que já fora estudado e o que estava sendo estudado naquele momento ao dizer “Vocês já têm uma noção, né? Qual é a diferença entre o material no estado gasoso e no estado sólido?”. Com isso ela fortaleceu a discussão em torno da distância entre as partículas e questionou os estudantes sobre a distância entre essas partículas no balão (que está inflado) e no tubo de ensaio, já que nos dois casos se tratava de um gás. O fato de os próprios estudantes reconhecerem a representação das partículas de gás como muito próximas (ao falarem que se assemelhava a um líquido) é um forte indício de que houve entendimento em torno da necessidade de representar adequadamente a distância entre as partículas para indicar o estado de agregação das substâncias.

O estudante Marcos, ao pronunciar “o nosso ar é líquido”, usando uma entonação de voz que deu a ideia de brincadeira, parece ter criado uma unidade entre pensamento e palavra (Vigotski, 2009), relacionando esta com a representação imagética em tela. No momento em que a professora trouxe para o contexto algo já conhecido por eles, ou seja, a representação das partículas em diferentes estados físicos, aquele “saber” foi usado para analisar a representação que estava sendo discutida. Podemos perceber a contribuição do processo de negociação da representação dos estudantes para a construção de significados no que concerne ao modelo cinético molecular, mais precisamente na representação da distância entre as partículas.

Na discussão em torno da distância entre as partículas ocorrida em T1, a professora tratava da imagem projetada das representações propostas pelos estudantes. Ela pegou o objeto (tubo de ensaio + balão), que nesse momento representava um novo modo semiótico, para discutir a distância entre as partículas de gás dentro do tubo de ensaio e dentro do balão murcho. Ao retomar essa discussão, na rota T5, cerca de 22 minutos depois, a professora trouxe para o contexto comunicacional as representações dos diferentes estados físicos, que já eram conhecidas dos estudantes e, portanto, estavam em seu contexto mental. Trata-se, portanto, de um movimento de continuidade da professora para estabelecer vínculos entre as ideias negociadas em T1, T5 e situações pretéritas já consolidadas como conhecimento compartilhado pelo grupo (Edwards & Mercer, 1987). Novamente, ela transitou entre a imagem projetada e o objeto, tentando formar a unidade entre as partículas presentes no objeto e a representação dessas partículas. Com isso, ela auxiliou os estudantes a analisarem a representação das partículas, em termos de distância entre elas, tendo por referência a representação canônica (Prain & Waldrip, 2006; Prain, Tytler, & Peterson, 2009; Prain *et al.*, 2013), já conhecida dos estudantes. Essa análise foi negociada em meio ao trânsito da

professora entre os modos imagem da representação e aparato experimental, e também no que se refere à transferência do conhecimento compartilhado no contexto mental para o contexto comunicacional.

b) Transições que auxiliam na construção da ideia de quantidade de partícula

No grupo de transições T2, a professora que estava com o objeto 3 na mão (do T1), voltou-se para a imagem projetada, chamando a atenção dos estudantes para a quantidade de partículas que foram desenhadas em cada uma das representações, novamente se referindo ao desenho dos estudantes relativo ao experimento 3. Em seguida, ela retomou o objeto 3 e endereçou uma pergunta aos estudantes, conforme transcrição presente no Quadro 5:

Professora: Alguém comentou, ali no grupo 6 (*apontando para o desenho do grupo 6 projetado na tela*), que ali estava aparecendo mais partículas no desenho de antes (*do balão encher*) do que no depois (*do balão inflar*) e eles já explicaram. Mas essa é uma pergunta que eu faço pra vocês. Será que essa possibilidade não existe, de você, ao aquecer uma quantidade grande de partículas de baixo pra cima...alguém falou assim 'o ar quente sobe', quem falou?
Meire: Fui eu [...]. (*Meire gesticula enquanto explica – inaudível*)
Professora: Certo? Entenderam? Então aqui, olha, a gente tem que lembrar que as partículas estão o tempo todo em movimento, e é um movimento aleatório, lembra que eu falei isso na aula passada?
Antônio: Ela quer correr
Professora: Aí eu queria aproveitar pra falar uma coisa que eu não falei na aula passada e que o Antônio me lembrou. Partícula quer alguma coisa? Será que partícula quer alguma coisa?
Antônio: Não

Quadro 5: Transcrição de fragmento de diálogo ocorrido em T2.

Quando a professora pronunciou “Então aqui, olha...”, ela ergueu o objeto 3 e, com a mão, fez movimentos circulares em torno do tubo (Figura 10-1^a) e também movimentos para cima e para baixo (Figura 10-2^a), indicando a agitação das partículas quando o sistema foi aquecido e a aleatoriedade do movimento dessas partículas. Novamente apareceu o antropomorfismo e a professora aproveitou para chamar a atenção dos estudantes a respeito disso, usando um tempo de 1min e 8s. Em seguida, ela retomou o termo “aleatório” e desenhou na lousa o tubo de ensaio, fazendo com o giz possíveis movimentos aleatórios das partículas (Figura 11). Depois, ela repetiu esses mesmos movimentos no ar, usando as mãos (Figura 12) e, então, voltou a colocar o objeto 3 em primeiro plano. Com isso, ela representou com gestos o movimento das partículas e apontou para o objeto que ainda estava em suas mãos e, a seguir, o depositou na mesa. A discussão seguiu, então, em torno da quantidade de partículas presentes no tubo de ensaio comparado com a quantidade de partículas presentes no balão inflado, considerando que a distância entre elas não muda significativamente. A ideia de movimento de partículas desenhado na lousa, com o auxílio do giz, parece ter uma natureza bem mais permanente quando comparada com a natureza transitória dos gestos. Ao usar as duas formas de representar esse movimento, a professora ofereceu diferentes modos de representação para o mesmo fenômeno ou para a mesma ideia que desejava construir com os estudantes.



Figura 10 – Gestos representacionais indicando o movimento aleatório das partículas, tanto circular (1^a) quanto de cima para baixo (2^a). Fonte: desenho feito a partir da imagem do vídeo.



Figura 11 – Gestos sobre o desenho, indicando o movimento aleatório das partículas. Fonte: desenho feito a partir da imagem do vídeo.



Figura 12 – Gestos no ar, indicando o movimento aleatório das partículas. Fonte: desenho feito a partir da imagem do vídeo.

Ao iniciar o grupo de transição T5, aos 38 minutos, a professora estava novamente tratando dos desenhos dos estudantes que estavam projetados na tela. Dos seis grupos que haviam desenhado a seringa antes e após o êmbolo ser pressionado, cinco haviam desenhado as partículas dentro da seringa e um grupo havia feito um zoom de um ponto da seringa, para desenhar as partículas. A professora questionou essas duas possibilidades (Figura 13A), e os estudantes defenderam o desenho das partículas sem fazer o zoom. A professora continuou o diálogo conforme transcrição presente no Quadro 6.

Professora: Então o mais adequado é desenhar partículas dentro da seringa?
Elsa: É melhor, que aí você tem garantida que a quantidade é a mesma.
Professora: Então eu vou fazer outra pergunta. Será que é possível, dentro de uma seringa eu ter uma, duas, três, quatro, cinco, seis, sete, apenas oito partículas?
(Várias conversas)
[...]
Professora: O perigo dessa forma de representar é que pode passar a ideia de que as partículas são pequenas, mas nem tanto assim. Então é possível que dentro de um espaço como este aqui, ó, eu ter dez partículas? // Na verdade eu tenho bilhões e bilhões de partículas aqui dentro. Entendem?

Quadro 6: Transcrição de um fragmento de diálogo ocorrido em T5.

Quando a professora disse “Então é possível...”, ela pegou o objeto do experimento 1 (a seringa) e o mostrou para os estudantes ao pronunciar “esse aqui, ó” (Figura 13B). Ao que nos parece, a inserção desse outro modo semiótico no momento em que discute a representação, ocorreu em função do propósito da professora de fortalecer a relação entre o aparato experimental e a sua representação. Nesse momento, o aparato experimental ofereceu possibilidades produtivas relacionadas ao que estava sendo comunicado, pois os estudantes mostraram alguns indícios de que perceberam a limitação da representação que haviam proposto.

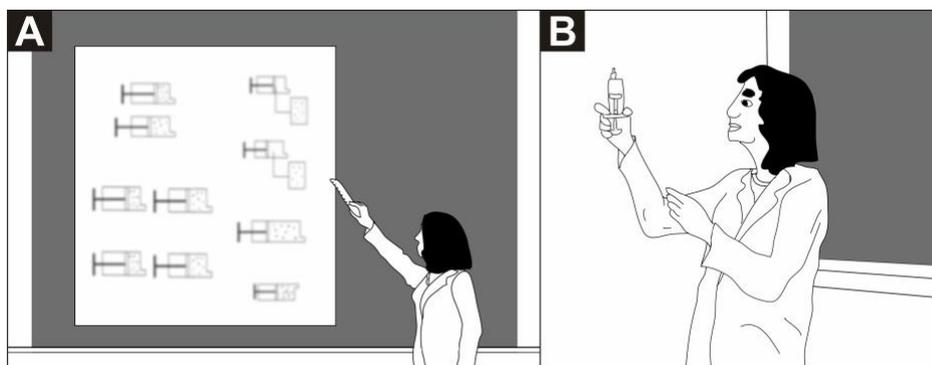


Figura 13 – Momento em que a professora aponta para as representações dos estudantes (A) e usa o objeto 1 para problematizar a representação (B). Fonte: desenho feito a partir da imagem do vídeo.

Quando a professora pegou a seringa e a elevou (Figura 13B), chamando a atenção para o número de partículas presentes na representação de um dos grupos e o número possível de partículas dentro do objeto, esse objeto serviu para mostrar aos estudantes uma restrição produtiva (Prain & Tytler, 2012) da

representação no desenho, pois canalizou a atenção para o aparato experimental, forçando escolhas. Nesse caso, utilizar outro modo serviu como parâmetro para analisar o desenho e foi fundamental para o entendimento da relação proporcional entre número de partículas indicados na representação e a quantidade provável no objeto 1.

Com isso, a ideia acerca da quantidade de partículas, que já havia sido introduzida em T2, foi retomada em T5, com a intenção de fazer um alinhamento entre a representação dos estudantes e a forma canônica de representar, ou seja, fazer com que os estudantes utilizassem as convenções de representação científica para a quantidade de partículas.

Na rota T2, a professora realizou transições para representar o mesmo fenômeno (movimento aleatório das partículas), por meio de gestos representacionais, de desenho e novamente com gestos. Quando a professora transitou das imagens projetadas para o aparato experimental (objeto), na rota T5, ela mostrou a impossibilidade da representação das partículas dentro do próprio objeto, já que o “pontinho” é uma representação, em tamanho muitas vezes maior que a própria partícula. Ao que nos parece, ela identificou as *affordances*³ do aparato experimental no entendimento da própria representação, as quais desempenham, portanto, a função de analisar o desenho.

c) Transições que auxiliam no entendimento do que leva o balão a aumentar de volume

Ao terminar o T2, a professora, que já havia tratado do movimento aleatório das partículas, iniciou o grupo de transições T3 com uma pergunta que visava explicar o fenômeno observado no experimento 3, ou seja, o fato de o balão ter inflado quando o tubo de ensaio fora aquecido levemente. O diálogo ocorrido está transcrito no Quadro 7.

Professora: Agora, o quê que efetivamente faz o balão inchar?
Pedro: Por elas se movimentarem mais, elas tendem a empurrar
Marcos: Quando ela bate na parede do balão também...
Professora: Elas batem na parede do balão. Mas qual é a diferença em relação à situação inicial?
Sandra: A energia...
Professora: A energia é maior, com a energia maior
Pedro: Elas têm mais força.
Professora: Elas vão bater com mais força, ou seja, o que vai aumentar em relação ao balão?
Maria: O espaço.
Professora: Pois é, mas ao dar energia
Paulo: A movimentação das moléculas. Vai aumentar a movimentação das partículas dentro do balão.
Professora: Isso. Então?
Pedro: O ar ganha mais energia quando você esquentar.
Professora: Ué, quando você aquece aqui, quando você aquece, isso é uma boa pergunta, ao aquecer, eu tô fornecendo energia, não tô? Essa energia tá vindo de onde?
Marcos: Da chama.
Professora: Da chama, certo? Aí essa energia é transferida pra quem em primeiro lugar?
Antônio: Pro vidro
Professora: Pro vidro, pras paredes aqui do vidro, ou seja, partículas do vidro. Não é? Do vidro, ela é transferida pra quem?
Luís: Pro ar.
Professora: Pro ar que tá lá dentro, tá certo? Aí dessa forma as partículas vão obtendo energia num primeiro momento. Mas eu não tô dando energia pras partículas que tão aqui dentro do balão?
Vários: Não
Professora: Não. Ao aquecer eu tô transferindo inicialmente pras que estão aqui dentro, não é? Mas como é que a outra que tá lá em cima consegue ter energia?
Luís: As de baixo vão passando.
Professora: Porque elas vão se chocando umas com as outras.

Quadro 7: Transcrição de fragmento de diálogo ocorrido em T3.

Durante esse diálogo a professora usou o desenho na lousa e gestos dêiticos para dinamizar a comunicação a respeito do fenômeno. O estudante Pedro fez uma pergunta relacionada a um processo

³ Optamos pelo uso da palavra *affordances*, por não haver, ainda, uma tradução compartilhada em português. Entendemos seu significado como sendo “possibilidades e limitações” oferecidas por um modo semiótico.

estudado na Física envolvendo a convecção, ou seja, a corrente atmosférica predominantemente vertical provocada pelo movimento do ar aquecido pelo solo, em função da energia solar. A professora valorizou o comentário do estudante e usou o próprio corpo para representar esse movimento do ar, novamente tratando de partículas. Transcrevemos, no Quadro 8, um fragmento da explicação da professora, nesse momento:

... o ar que está aqui em baixo, que tá com mais energia, então ele se expande, ou seja, as partículas se afastam, e ele fica o que? // menos denso. É, a palavra é essa, não é? Menos denso, porque vai expandir, e como ele fica menos denso do que o ar lá de cima, ele sobe. ...

Quadro 8: Transcrição de um fragmento de fala da professora, ocorrido em T3.

Selecionamos três momentos, nas imagens da Figura 14, para fornecer uma ideia dos gestos incorporados realizados pela professora.

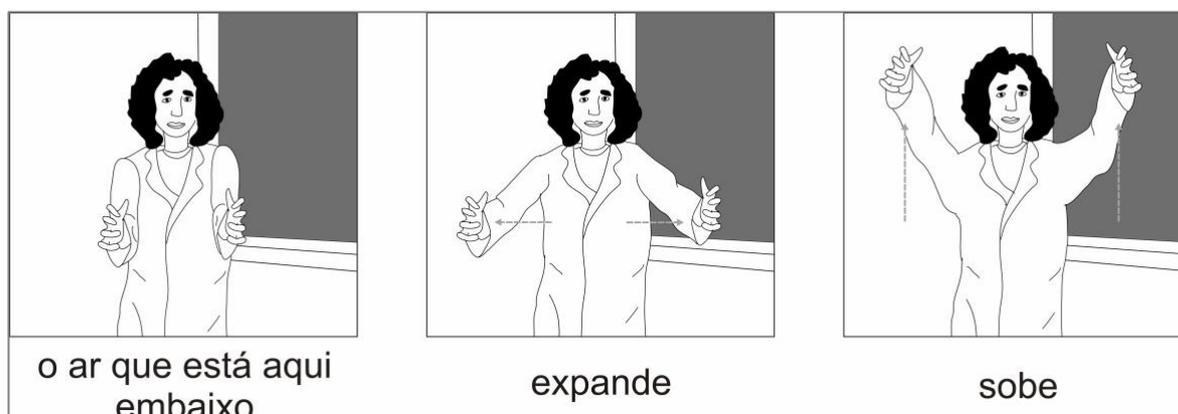


Figura 14: Gestos representacionais usados pela professora para representar o movimento das partículas do ar. Fonte: desenho feito a partir da imagem do vídeo.

No momento em que a professora fez o gesto de expansão, ela manteve os braços nessa posição até pronunciar a palavra “sobe”. Após terminar a série de gestos incorporados, usados para representar o movimento de convecção do ar, ela se voltou para o desenho na lousa e ressaltou a dimensão pequena do sistema “tubo de ensaio + balão” e o fato de a energia ser fornecida na parte de baixo desse sistema. Ela retomou o objeto e o movimento das partículas dentro daquele sistema e novamente solicitou a explicação a respeito do fenômeno ocorrido durante o aquecimento, ou seja, o fato de o balão ter inflado. Como estratégia da professora para fortalecer o entendimento do movimento das partículas, ela realizou uma série de transições entre o desenho na lousa e gestos representacionais. Somente quando um dos estudantes falou da resistência do vidro e que o balão representava o espaço que as partículas em movimento tinham para se expandir, a professora explorou essa fala e concluiu a discussão.

Ao construir a rota de transição T3 a professora explorou o desenho na lousa, que é estático, mas alternou esse modo com o modo gestual, por várias vezes, para dar movimento às partículas de ar que receberam energia. Os três modos usados (desenho na lousa, objeto e gestos representacionais) foram fundamentais para construir a ideia de que o movimento das partículas, provocado pela entrada de energia no sistema, e o conseqüente choque entre elas, provocaram a expansão do gás, que pode ser observada no balão.

d) Transições usadas para sintetizar as discussões ao refazer a representação

Terminada a discussão relativa às representações em desenhos que os estudantes haviam proposto, a professora solicitou aos estudantes que refizessem esses desenhos, baseados no que discutiram até então. Para isso, ela abandonou os desenhos dos estudantes, projetados na tela, e iniciou o que seria a primeira representação (do experimento 3) na lousa, apontando para os pontos discutidos. Nesse fechamento, as transições voltaram a acontecer, formando o conjunto de transições T6.

A professora desenhou na lousa dois sistemas “tubo de ensaio + balão”, sendo um com balão murcho e outro inflado, ou seja, o que seria a representação antes do aquecimento e após o aquecimento. Ela retomou, com os estudantes, a importância do zoom (Figura 15).

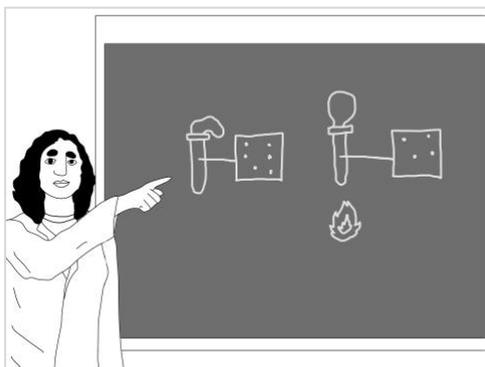


Figura 15 – Momento em que a professora usa o desenho na lousa para explicar a importância do zoom.
Fonte: desenho feito a partir da imagem do vídeo.

Nessa construção conjunta da representação, um estudante afirmou que no espaço do segundo tubo de ensaio teria menos partículas, pois o aquecimento deslocou algumas para o espaço do balão. Ela lembrou que “pontinhos” deveriam ser usados para representar as partículas e, por serem gás, a distância entre elas deveria ser considerada, assim como a desorganização. A respeito da quantidade, destacamos o fragmento presente no Quadro 9.

Professora: Aqui eu coloquei seis (apontando para o zoom do primeiro sistema). Do lado de lá eu vou ter seis?
Vários: Não
Professora: Quantas?
Maria: Ah... é menos.
Professora: Por que?
Maria: Elas deslocaram
Pedro: Foram para o balão
Professora: Tá, vou colocar quatro
[...]
Professora: A distância entre as partículas é sempre a mesma?
Antônio: Não
Professora: Por que?
Antônio: Elas estão se movimentando.

Quadro 9: Transcrição do fragmento de diálogo ocorrido em T6.

Por meio desse diálogo, é possível perceber indícios de entendimento da construção de uma representação do fenômeno reproduzido no experimento. No entanto, quando a professora perguntou se a energia dessas partículas dentro do sistema era a mesma, os estudantes não responderam ao que foi solicitado. Nesse momento, ela foi até a mesa e pegou o tubo de ensaio com o balão. Transcrevemos um fragmento do diálogo (Quadro 10) que aconteceu nesse momento.

Professora: Olha só, isso daqui tá parado aqui faz um tempão. A temperatura do gás lá dentro, ela tá diferente da temperatura do gás de fora?
Vários: Não.
Professora: Não, né? Justamente porque elas estão trocando, né. Então veja bem, a temperatura do ar de dentro e do ar de fora, nessa situação aqui, é a mesma ou é diferente?
Sandra: É a mesma.
Professora: É a mesma, certo? O tubo tá na mesma temperatura?
Vários: Sim
Professora: Também tá. Agora, as partículas do ar dentro do tubo, todas elas têm exatamente a mesma energia?
Maria: Não.
Professora: Não, por que?
Maria: Porque elas estão trocando energia o tempo todo.
Professora: Porque elas estão trocando energia o tempo todo. Então, sempre você vai ter uma que tem muita energia, outra que tem pouca energia, mas a grande maioria delas está com uma energia média, que corresponde à temperatura. A temperatura é medida a partir dessa ideia, entenderam, gente? E aqui fora é a mesma coisa, não é? Nós estamos aqui dentro dessa sala, tem ar aqui dentro, todas as partículas de ar que estão aqui tem a mesma energia?

Quadro 10: Transcrição de fragmento de diálogo ocorrido em T6.

Ao pronunciar “isso daqui”, a professora mostrou o sistema “tubo de ensaio + balão”, chamando a atenção para o ar fora e dentro do sistema. Quando pronunciou “E aqui fora?”, a professora largou o sistema “tubo de ensaio + balão” e passou a considerar o ar contido no ambiente da sala de aula. Para representar esse ambiente, novamente ela realizou uma série de gestos incorporados, que representavam esse ambiente. Prain e Waldrup (2010), ao considerar que toda representação na Ciência faz afirmações sobre o mundo natural, entendem que isso também deve ser feito em sala de aula. A professora em questão articulou diferentes modos semióticos para que os estudantes percebessem a direta relação entre o fenômeno e a sua representação, em termos de partículas.

Depois de usar o modo gesto representacional, ela se voltou para o desenho na lousa e sugeriu que os estudantes fizessem um zoom também no interior do balão. Para o primeiro sistema ela sugeriu que o zoom fosse o mesmo do tubo de ensaio e perguntou aos estudantes como isso seria no segundo sistema, no qual o balão estava inflado. Imediatamente o estudante Paulo afirmou que lá (no balão inflado) também iria ter menos partículas e que, portanto, poderia ser o mesmo zoom.

Percebemos, então, que ao reconstruir a representação – mesmo esta sendo refeita pela professora – os estudantes apresentaram indícios de apropriação das formas canônicas de representar e, portanto, de conhecimento científico. Conforme já destacamos, Klein e Kirkpatrick (2010) defendem a ideia de que as representações sejam centrais no ensino e aprendizagem em Ciências. Para eles, essas representações são parte integrante do raciocínio relacionado aos fenômenos científicos. Nessa aula analisada, podemos ver que, ao propor, justificar e reconstruir representações, os estudantes se envolveram em um processo de aprendizagem mediada pela combinação de modos semióticos, organizando as próprias ideias de forma a convergir para as ideias da Ciência relacionadas ao fenômeno em questão.

A análise dos dados mostra consonância com as ideias de Prain e Waldrup (2010), que defendem que aprender Ciência implica compreender as bases das afirmações científicas, como uma forma de produção de conhecimento. No caso do modelo cinético molecular, que serve de base para outras teorias estudadas em Química, é fundamental que o estudante construa uma base sólida de conhecimentos e, para isso, se mostra necessário lançar mão de diferentes modos semióticos.

Percebemos que a professora refez uma das representações com os estudantes como forma de sintetizar o que havia sido discutido até então. O modo principal da representação foi o desenho na lousa, mas a transição para o modo gestual e para o modo objeto foi realizada pela professora como forma de responder à demanda dos estudantes acerca do papel da energia na movimentação das partículas. As possibilidades e as restrições produtivas oferecidas por cada um dos modos mobilizados foram fundamentais para canalizar a atenção dos estudantes e forçar escolhas (Prain & Tytler, 2012) ao representar as partículas dentro do tubo de ensaio e dentro do balão.

e) Quando um estudante conduz parte da aula

Na segunda aula analisada, que aconteceu uma semana mais tarde, a professora organizou a classe e aos 3 minutos comunicou a todos que a estudante Clara tinha assistido a um experimento na *internet* e que Clara acreditava ter alguma relação com os experimentos que eles realizaram. Então, a professora solicitou que a estudante contasse aos demais do que se tratava. Apesar de Clara usar os modos verbal e gestual, a professora percebeu que o relato não fora suficiente para produzir entendimentos e usou a lousa como forma de traduzir a fala da estudante (Figura 16).

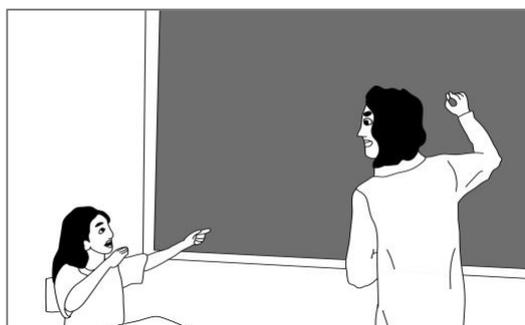


Figura 16: Momento da aula em que a estudante narra o experimento.

Tratava-se de uma situação em que água quente foi jogada no interior de uma garrafa, que instantes depois foi novamente esvaziada. Imediatamente foi colocado um balão no “bico” da garrafa vazia

(Figura 17A) e essa garrafa foi parcialmente mergulhada em água à temperatura ambiente. Com isso o balão que estava na parte superior da garrafa entrou parcialmente nela, como pode ser observado na Figura 17B.

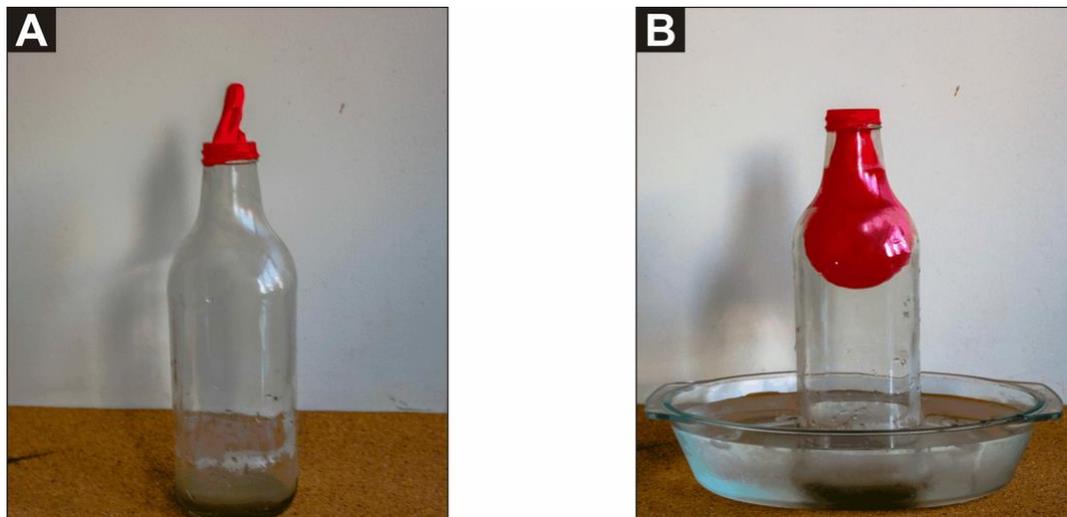


Figura 17 – Imagem da garrafa, antes (A) e após (B) resfriar o ar interno, representando o experimento relatado pela estudante.

A professora reproduziu na lousa os dois desenhos (antes e depois de colocar a garrafa na água fria) do experimento relatado por Clara, orientada pela estudante. Ao falar do resultado, ocorreu o diálogo transcrito no Quadro 11.

Clara: ... Ele não fez mais nada. Aí com o passar do tempo, a bexiga entrou na garrafa e encheu, e aí foi isso.
Professora: Na hora em que ele colocou o balão, o balão inchou assim ou não?
Clara: Não, assim (*apontando para baixo*).
Professora: Só ficou assim?
Clara: Não
Professora: Também não?
Clara: Ele entrou dentro da garrafa.
Professora: Eu estou falando antes, no primeiro (*desenho*) em que ele colocou o balão. Na hora em que ele colocou o balão.
Clara: Ah
Professora: Aí ele colocou o balão. Aí imediatamente ele entrou aqui para dentro? (*A Professora apontou para o interior da garrafa, no desenho*) Assim que você tá falando, né?
Clara: Quase imediatamente.
Ana: Mas ele tirou a água?
Professora: Sim. Entendi. Ele fez o seguinte, primeiro ele encheu a garrafa com água quente, água bem quente, aí ele tirou a água da garrafa e colocou um balão. E colocou a garrafa num banho de água mais fria. Aí quando fez isso o balão entrou assim, dentro da garrafa.
Ana: Mas por que?
Professora: Essa é a minha pergunta! Por que isso aconteceu?

Quadro 11: Transcrição de um fragmento de diálogo ocorrido na segunda aula.

Apenas quando o desenho ficou pronto é que Ana conseguiu perceber o fenômeno e perguntou “Mas por que?”, ao que a professora respondeu com uma nova pergunta: “Essa é a minha pergunta! Por que isso aconteceu?”, indicando uma disputa evidente pela condução da atividade. Imediatamente iniciaram os comentários dos estudantes, com intervenções da professora, até o fenômeno ser devidamente explicado. Ao todo, foram usados 15min e 6s nessa discussão, com os conceitos de energia, movimento/agitação das partículas, distância entre as partículas, pressão atmosférica e outros sendo retomadas para entender o fenômeno em questão. Durante a discussão, esse fenômeno foi relacionado com os 3 experimentos trabalhados anteriormente.

Com isso, a professora mostrou valorizar a experiência dos estudantes, tornando-os protagonistas da aula, ao deixar que conduzissem a aula usando o relato de um experimento que não fazia parte do

planejamento daquela aula. Com essa medida, a professora valorizou também as representações dos estudantes que foram mobilizadas por meio de gestos e da fala. Além disso, os estudantes mostraram que a discussão feita na aula anterior provocou uma aproximação da Ciência mesmo fora da sala de aula. Clara assistiu a vídeos de experimentos e, ao que parece, selecionou um que lhe chamou a atenção e que julgou estar relacionado com o que já haviam discutido.

Nesse caso, a transição se deu, com a estudante Clara, do modo visual para a linguagem verbal (narrativa de Clara). A professora transformou essa narrativa em desenho na lousa. Em seguida, o fenômeno foi discutido, com várias transições entre o modo desenho na lousa e o modo gestual (gestos representacionais). A rota de transição se deu entre esses dois modos, por várias vezes, e em alguns momentos esses modos foram simultâneos. Foi possível perceber que as transições propiciaram a ideia de movimento em uma representação estática (desenho na lousa).

O fato de Clara assistir a vídeos de experimento em horário extraclasse mostra um envolvimento real com a Ciência trabalhada em sala de aula. A transição entre os modos semióticos se mostrou necessária tanto para Clara explicar o experimento quanto para a professora e os estudantes discutirem o fenômeno descrito por Clara. Com isso, todos os aspectos envolvendo representação das partículas, já discutidos na aula anterior, foram retomados, o que certamente contribuiu para o entendimento do modelo cinético molecular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao iniciar esta investigação tínhamos como hipótese que o uso de uma variedade de modos semióticos em sala de aula pode contribuir consideravelmente para a melhoria da comunicação entre professor e estudantes e, assim, auxiliar na produção de significados. Além disso, partimos do pressuposto de que as atividades propostas em sala de aula devem envolver ativamente os estudantes na discussão e negociação de ideias. Nesse sentido, analisamos os modos usados por uma professora para auxiliar os estudantes na construção de representações, enfatizando a transição entre esses modos.

Considerando que Vigotski (2009) trata a formação de conceitos como resultado de uma atividade intensa e complexa, na qual todas as funções intelectuais básicas participam, em uma combinação original, a sala de aula torna-se um espaço privilegiado para que isso aconteça. Ao tratar das representações usando uma variedade de modos, os estudantes tiveram mais oportunidade de desenvolver a autonomia de pensar, em um processo reflexivo envolvendo ideias. A partir de uma representação inicial, os estudantes refletiram sobre essa representação e, para isso, algumas restrições produtivas foram apresentadas pela professora. Os estudantes foram envolvidos, portanto, em uma atividade complexa – produzir e analisar representações – em um processo de negociação e de reconstrução que os levou a se aproximarem da forma canônica de representar os fenômenos em questão.

Para o professor, que tem na comunicação uma função essencial, tanto para auxiliar os estudantes no desenvolvimento de significados para o que é tratado em sala de aula, quanto para compreender como as ideias que possuem se relacionam com as ideias canônicas, pensar sobre a comunicação ao planejar suas aulas tem valor semelhante a pensar sobre as ideias que circulam em sala de aula. Observamos que a professora em questão mobiliza uma variedade de modos para comunicar uma ideia e vários tipos de representação para um mesmo fenômeno, realizando a metacomunicação. Pela etimologia da palavra, segundo Cunha (1986, p. 516), “meta” significa “além de”. No caso da metacomunicação – que vai além da comunicação – comunicar inclui a construção de significados e as interações sociais envolvidas nessa construção. Nas aulas analisadas, a metacomunicação usada pela professora e seus estudantes potencializou a qualidade das representações feitas pelos estudantes para os fenômenos observados nos experimentos.

Neste trabalho, não analisamos as iniciações da professora ou outras estratégias que não envolvessem diretamente a construção de representações. Porém, vale destacar que a professora realiza boas perguntas, transforma frases dos estudantes em perguntas e responde a perguntas dos estudantes com novas perguntas. Além disso, em muitos momentos em que os estudantes forneceram contribuições tímidas (tom de voz mais baixo, por exemplo) a professora incentivou a reelaboração da fala, auxiliando a reconstruí-la.

A escola, além de ser um espaço/tempo para pensar e para melhorar a capacidade reflexiva, de forma a propiciar a formação de sujeitos pensantes e críticos, capazes de lidar com conceitos, de

argumentar e de resolver problemas, também é um espaço privilegiado de comunicação e, nesse sentido, é necessário ter atenção aos modos semióticos usados para comunicar ideias. O desenho se mostrou como um modo visual importante no apoio ao raciocínio. Com o uso desse modo foi possível inserir a discussão sobre o tamanho, a quantidade e o espaçamento entre as partículas.

Em diversos momentos das aulas analisadas os modos semióticos foram complementares. Quando a professora tentava construir a ideia de quantidade de partículas e de como elas poderiam ser representadas em um desenho bidimensional, usar o objeto do experimento (seringa) foi fundamental para que os estudantes percebessem a necessidade de fazer uso do zoom – uma forma de destaque no sistema macroscópico – para representar as partículas no estado gasoso e, portanto, estabelecer uma regra para produzir um desenho que guardasse correspondência com o sistema macroscópico. Em outros momentos, ao falar do movimento das moléculas, o desenho na lousa foi complementado por gestos junto ao aparato experimental, que mostraram esse movimento, e também por gestos mais amplos, que mostraram o movimento do ar no ambiente da sala de aula. Portanto, para atender às demandas dos estudantes, parece ter sido acionada na professora a necessidade de usar mais de uma representação ou de usar um conjunto de modos para comunicar a respeito de um mesmo fenômeno. Com isso, ela transitou entre vários modos, formando o que definimos como rotas de transição modal.

Destacamos, ainda, o potencial analítico das *affordances* para lidar com as representações. Nesse caso, os modos semióticos representaram possibilidades de estímulo à percepção e apontaram para limitações em cada uma das representações (desenho, gestos representacionais e o próprio aparato experimental). Construir a representação para um fenômeno se mostrou uma tarefa complexa, à medida que os estudantes foram sendo questionados e precisaram mobilizar saberes que os possibilitassem argumentar em torno da representação.

Podemos observar, ao longo deste trabalho, que analisar a própria representação, explicando as opções escolhidas e aproximando-a da representação canônica certamente contribui para a construção de significados e promove o envolvimento ativo dos estudantes. Com isso, concordamos com Tytler, Prain, Hubber e Waldrup (2013) e colaboradores, quando defendem o uso da abordagem baseada nas representações multimodais. Baseados nesse referencial, ousamos afirmar que esse envolvimento pode ser ainda mais dinamizado. A importância da comunicação multimodal é indiscutível e foi usada pela professora. No entanto, em diversos momentos da aula, percebemos limitações em propiciar aos estudantes a construção de representações ou a comunicação dessas representações. No momento em que a estudante levou uma narrativa de experimento, a professora poderia ter solicitado que ela representasse na lousa e que os colegas propusessem e comunicassem, junto com essa estudante, um modelo cinético molecular para o novo fenômeno. Consideramos essa demanda para pesquisas futuras.

As representações multimodais e as múltiplas representações são apontadas como possibilidades promissoras para que os estudantes se envolvam em atividades intensas e complexas que propiciem tanto a aprendizagem, como o entendimento da própria Ciência, pois eles se envolveriam nas práticas de representar, justificar e reconfigurar compreensões, em atividades colaborativas visando o consenso, sempre orientados por professores, em torno da adequação representacional. Consideramos que a análise realizada traz implicações para o campo de ensino de Química, pois nossa experiência na área nos mostra que as representações nem sempre são valorizadas, tanto por professores quanto por estudantes. Para lidar com representações em sala de aula na perspectiva da semiótica social, deve-se ir além de considerá-las objetos à parte das interações que ali se desenvolvem. Para ampliar o papel das representações, devemos tomá-las em suas possibilidades e limitações (*affordances*) em uso, ou seja, mobilizadas na ação de professores e estudantes, o que implica considerá-las parte de um arcabouço representacional mais amplo a envolver uma multiplicidade de modos semióticos em uso.

Ao usar a abordagem baseada nas representações multimodais, a sala de aula se configura em um espaço/tempo de proposição e discussão de ideias, semelhante à prática dos cientistas quando comunicam um dado conhecimento. A professora analisada foi, entre aqueles de quem nos aproximamos, a que apresentou melhor performance no uso da comunicação multimodal associada às representações. No entanto, sabemos que ainda estamos distantes de uma prática com representações multimodais e nos propomos a aproximar essa linha de atuação dos professores com os quais temos trabalhado.

REFERÊNCIAS

- Abels, S. (2016). The role of gestures in a teacher-student-discourse about atoms. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 618-628. <http://dx.doi.org/10.1039/C6RP00026F>
- Andrade, J. M., & Saraiva, M. J. (2012). Múltiplas representações: um contributo para a aprendizagem do conceito de função. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 15(2), 137-169. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v15n2/v15n2a2.pdf>
- Anthony, R. J., Tippett, C. D., & Yore, L. D. (2010). Pacific CRYSTAL Project: Explicit Literacy Instruction Embedded in Middle School Science Classrooms. *Research in Science Education*, 40(1), 45-64. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9156-7>
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1987). Students' visualisation of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, 24(4), 117-120.
- Chue, S., Lee, Y., & Tan, K. C. D. (2015). Iconic Gestures as Undervalued Representations during Science Teaching. *Cogent Education*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2015.1021554>
- Cunha, A. (1986). *Dicionário etimológico Nova fronteira da língua portuguesa*. Rio de Janeiro, RJ: Nova Fronteira.
- Danielsson, K. (2016). Modes and meaning in the classroom – The role of different semiotic resources to convey meaning in science classrooms. *Linguistics and Education*, 35, pp. 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.linged.2016.07.005>
- Edwards, D., & Mercer, N. (1987). *Common Knowledge: the development of understanding in the classroom*. London, England: Routledge.
- Gilbert, J. K. (2013). Representations and Models: Aspects of Scientific Literacy. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 193-219). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Gillies, R. M., & Baffour, B. (2017). The Effects of Teacher-Introduced Multimodal Representations and Discourse on Students' Task Engagement and Scientific Language during Cooperative, Inquiry-Based Science. *Instructional Science: An International Journal of the Learning Sciences*, 45(4), 493-513. <https://doi.org/10.1007/s11251-017-9414-4>
- Giordan, M., Silva-Neto, A. B., & Aizawa, A. (2015). Relações entre gestos e operações epistêmicas mediadas pela representação estrutural em aulas de Química e suas implicações para a produção de significados. *Química Nova na Escola*, 37(n. esp.), 82-94. <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150021>
- Gregorcic, B., Planinsic, G., & Etkina, E. (2017). Doing Science by Waving Hands: Talk, Symbiotic Gesture, and Interaction with Digital Content as Resources in Student Inquiry. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020104/1-020104/17. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020104>
- Greszczyszyn, M. C. C. (2017). *Múltiplas Representações para o ensino de Química Orgânica: uso do infográfico como meio de busca de aplicativos*. (Dissertação de mestrado). Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR. Recuperado de http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3018/1/LD_PPGEN_M_Greszczyszyn_Marcella%20Cristyane%20Comar_2017.pdf
- Gunel, M., & Yesildag-Hasancebi, F. (2016). Modal Representations and their Role in the Learning Process: A Theoretical and Pragmatic Analysis. *Educational Sciences-Theory & Practice*, 16(1), 109-126. <http://dx.doi.org/10.12738/estp.2016.1.0054>
- Halliday, M. A. K. (1978). *Language as social semiotic: the social interpretation of language and meaning*. London, England: Edward Arnold.
- Halliday, M. A. K. (1985). *An introduction to functional grammar*. London, England: Baltimore, 1985.
- Hand, B., & Choi, A. (2010). Examining the Impact of Student Use of Multiple Modal Representations in Constructing Arguments in Organic Chemistry Laboratory Classes. *Research in Science Education*, 40(1), 29-44. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-009-9155-8>

- Hodge, R. & Kress, G. (1988). *Social Semiotics*. Ithaca, New York, United States of America: Cornell University Press.
- Hubber, P. (2013). Teacher Perspective of a Representation Construction Approach to Teaching Science. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 134-149). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and Learning about Force with a Representational Focus: Pedagogy and Teacher Change. *Research in Science Education*, 40(1), 5-28. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9154-9>
- Hubber, P & Tytler, R. (2013). Models and Learning Science. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber & B. Waldrup, (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 108-133). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Iani, F., Cutica, I., & Bucciarelli, M. (2017). Timing of Gestures: Gestures Anticipating or Simultaneous with Speech as Indexes of Text Comprehension in Children and Adults. *Cognitive Science*, 41(S6), 1549-1566. <https://doi.org/10.1111/cogs.12381>
- Jewitt, C. (2009). *The routledge handbook of multimodal analysis*. London, England: Routledge.
- Kapon, S. (2017). Unpacking Sensemaking. *Science Education*, 101(1), 165-198. <https://doi.org/10.1002/sce.21248>
- Kendon, A. (2004). *Gesture: Visible action as utterance*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Klein, P. D. & Kirkpatrick, L. C. (2010). Multimodal Literacies in Science: Currency, Coherence and Focus. *Research in Science Education*, 40(1), 87-92. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9159-4>
- Kress, G. & Van Leeuwen, T. (1996). *Reading Images: the grammar of visual design*. London & New York: Routledge.
- Kress, G. (2009). What is Mode? In J. Carey (Ed.). *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis* (pp. 54-67). Nova York, United States of America: Routledge.
- Kress, G. (2010). *Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication*. New York, United States of America: Routledge.
- Laburú, C. E., & Silva, O. H. M. (2011). Multimodos e Múltiplas Representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 7-33. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/244/170>
- Laburú, C. E., Barros, M. A., & Silva, O. H. M. (2011). Multimodos e múltiplas Representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. *Ciência & Educação*, 17(2), 469-487. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000200014>
- Laburú, C. E., Zompero, A. F., & Barros, M. A. (2013). Vygotsky e Múltiplas Representações: leituras convergentes para o Ensino de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(1), 7-24. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n1p7>
- Martins, I., Demorais, F., Schaab, B., & Jaques, P. (2016). Pedagogical Agent Gestures to Improve Learner Comprehension of Abstract Concepts in Hints. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, 12(3), 65-75. <https://doi.org/10.4018/IJICTE.2016070106>
- Mortimer, E. F., Moro, L., & Sá, E. F. (2018). Referenciais teóricos usados na Pesquisa: Discurso, semiótica social e Multimodalidade. In E. F. Mortimer & A. L. Quadros. *Multimodalidade no Ensino Superior*. Ijuí, RS: Unijuí, pp. 17-53.
- Mortimer, E. F., Quadros, A. L., Silva, A. C. A., Sá, E. F.; Moro, L., Silva, P. S., Martins, R. F., & Pereira, R. R. (2014). Interações entre modos semióticos e a construção de significados em Aulas de Ensino Superior. *Ensaio: pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 121-145. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172014160306>
- Mortimer, E. F., & Machado, A. H. (2014). *Química Manual do Professor*. São Paulo, SP: Scipione.
- Nazeem, E. (2015). Multimodality in Science Education as Productive Pedagogy in a PGCE Programme. *Perspectives in Education*, 33(3), 159-175. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11660/3812>

- Nitz, S., Prechtel, H., & Nerdel, C. (2014). Survey of Classroom Use of Representations: Development, Field Test and Multilevel Analysis. *Learning Environments Research*, 17(3), 401-422. <https://doi.org/10.1007/s10984-014-9166-x>
- Norris, S. (2004). *Analyzing multimodal interaction: a methodological framework*. Nova York, United States of America: Routledge.
- Oliveira, A. W., Rivera, S., Glass, R., Mastroianni, M., Wizner, F., & Amodeo, V. (2014). Multimodal Semiosis in Science Read-Alouds: Extending beyond Text Delivery. *Research in Science Education*, 44(5), 651-673. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9396-4>
- Piccinini, C., & Martins, I. (2014). Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. *Ensaio: pesquisa em Educação em Ciências*, 6(1), 24-37. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172004060103>
- Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning through constructing representations in science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(2), 2751-2773. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.626462>
- Prain, V., & Tytler, R. (2013a). Representing and Learning in Science. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 1-14). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Prain, V., & Tytler, R. (2013b). Learning Through the Affordances of Representation Construction. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 66-82). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Prain, V., Tytler, R., Hubber, P., & Waldrup, B. (2013). Implications for the Future. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 183-192). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Prain, V., & Waldrup, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843-1866. <https://doi.org/10.1080/09500690600718294>
- Prain, V., & Waldrup, B. (2008). An exploratory study of teachers' perspectives about using multi-modal representations of concepts to enhance science learning. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 8(1), 5-24. <https://doi.org/10.1080/14926150802152152>
- Prain, V., & Waldrup, B. (2010). Representing Science Literacies: An Introduction. *Research in Science Education*, 40(1), 1-3. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9153-x>
- Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6), 787-808. <https://doi.org/10.1080/09500690701824249>
- Sessa, P., & Trivelato, S. L. F. (2017). Interações dialógicas no ensino de Biologia: modos semióticos e o processo de construção de significados nas atividades de campo. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 16(2), 173-195. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_2_1_ex1031.pdf
- Silva, J. G. (2012). A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein. (Tese de doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- Souza, P. V., Hernandes, J. L., Andrade, M. A. B. S., & Laburú, C. E. (2017). Multimodos e Múltiplas Representações como proposta didática embasada no conceito de Rede. In *Anais XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado de <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1221-1.pdf>
- Tang, K. S., & Moje, E. B. (2010). Relating Multimodal Representations to the Literacies of Science. *Research in Science Education*, 40(1), 81-85. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9158-5>
- Tang, K., Delgado, C., & Moje, E. B. (2014). An Integrative Framework for the Analysis of Multiple and Multimodal Representations for Meaning-Making in Science Education. *Science Education*, 98(2), 305-326. <https://doi.org/10.1002/sce.21099>
- Tytler, R., & Prain, V. (2013). The Nature of Student Learning and Knowing in Science. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 171-183). Holanda: Sense Publishers.

- Tytler, R., Hubber, P., & Prain, V. (2013). Structuring Learning Sequences. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 51-65).). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Tytler, R., Hubber, P., Prain, V., & Waldrup, B. (2013). A Representation construction Approach. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 31-50).). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Haslam, F. (2013). Reasoning in Science Through Representation. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 83-107). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrup, B. (2013). *Constructing Representations to Learn in Science*. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Ünsal, Z., Jakobson, B., Wickman, P., & Molander, B. (2018). Gesticulating science: Emergent bilingual students' use of gestures. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(1), 121-144. <https://doi.org/10.1002/tea.21415>
- Vygotski, L. S. (2009). *A construção do pensamento e da linguagem*. (trad. Paulo Bezerra. 2a ed.), São Paulo, SP: WMF Martins Fontes.
- Waldrup, B., & Prain, V. (2013). Teachers' initial response to a representational focus. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 15-30). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Waldrup, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. *Research in Science Education*, 40(1), 65-80. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9157-6>
- Waldrup, B., Hubber, P., & Prain, V. (2013). Assessment. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 150-170).). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Wilson, A. A. (2013). A Typology of Actional-Operational Modes in Earth Science and Implications for Science Literacy Instruction. *Science Education*, 97(4), 524-549. <https://doi.org/10.1002/sce.21064>
- Wilson, A. A., Boatright, M. D., & Landon-Hays, M. (2014). Middle School Teachers' Discipline-Specific Use of Gestures and Implications for Disciplinary Literacy Instruction. *Journal of Literacy Research*, 46(2), 234-262. <https://doi.org/10.1177/1086296X14532615>
- Wu, H-K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842. <https://doi.org/10.1002/tea.103>
- Ying, Z. (2016). Multimodal Teacher Input and Science Learning in a Middle School Sheltered Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(1), 7-30. <https://doi.org/10.1002/tea.21295>
- Yore, L. D., & Hand, B. (2010). Epilogue: Plotting a Research Agenda for Multiple Representations, Multiple Modality, and Multimodal Representational Competency. *Research in Science Education*, 40(1), 93-101. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9160-y>

Recebido em: 05.09.2018

Aceito em: 27.09.2019