

ALÉM DAS PALAVRAS: UM OLHAR PARA A MULTIMODALIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

BEYOND WORDS: A LOOK AT MULTIMODALITY IN SCIENCE EDUCATION

MÁS ALLÁ DE LAS PALABRAS: UNA MIRADA A LA MULTIMODALIDAD EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Thais Mara Anastácio Oliveira¹
Nilmara Braga Mozzer²

Resumo

Neste trabalho discutimos o papel da multimodalidade no Ensino de Ciências a partir de estudos sobre a temática, enfatizando o(a): discurso multimodal dos professores de Ciências; uso de diferentes modos de comunicação pelos estudantes nas aulas de Ciências; multimodalidade e os recursos didáticos. Partimos da premissa de que os significados são negociados em interações sociais, as quais envolvem os múltiplos modos de comunicação disponíveis. Ademais, a aprendizagem de conceitos científicos não pode ser desvinculada da compreensão de como representar esses conceitos e do significado dessas representações, por isso requer representações múltiplas e representações multimodais. Um desafio para as pesquisas envolvendo a multimodalidade no Ensino de Ciências é considerar as diferentes possibilidades disponíveis com o avanço das tecnologias de informação e comunicação.

Palavras-chave: Multimodalidade; Ensino de Ciências; Representações multimodais; Representações múltiplas.

Abstract

In this paper we discuss the role of multimodality in science education, based on studies on the theme, emphasizing the: multimodal discourse of science teachers; use of different modes of communication by students in science classes; multimodality and teaching resources. We start from the premise that meanings are negotiated in social interactions, which involve the multiple modes of communication available. Moreover, the learning of scientific concepts cannot be detached from the understanding of how to represent these concepts and the meaning of these representations, so it requires multiple representations and multimodal representations. A challenge for research involving multimodality in Science Teaching is to consider the different possibilities available with the advancement of information and communication technologies.

Keywords: Multimodality; Science Education; Multimodal representations; Multiple representations.

Resumen

En este trabajo discutimos el papel de la multimodalidad en la enseñanza de las ciencias, a partir de estudios sobre el tema, haciendo hincapié en: el discurso multimodal de los profesores de ciencias; el uso de diferentes modos de comunicación por parte de los estudiantes en las clases de ciencias; multimodalidad y recursos didáticos. Partimos de la premisa de que los significados se negocian en las

¹ Mestre e Doutoranda em Educação pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6907-6335>, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. E-mail: thais.anastaciooliveira@gmail.com.

² Mestre e Doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Professora do curso de Química Licenciatura e do Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2060-7964>, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. E-mail: nilmara@ufop.edu.br.

interacciones sociales, que involucran los múltiples modos de comunicación disponibles. Además, el aprendizaje de conceptos científicos no puede separarse de la comprensión de cómo representar estos conceptos y el significado de estas representaciones, por lo que requiere múltiples representaciones y representaciones multimodales. Un desafío para la investigación que involucra la multimodalidad en la Enseñanza de las Ciencias es considerar las diferentes posibilidades disponibles con el avance de las tecnologías de la información y la comunicación.

Palabras clave: Multimodalidad; Enseñanza de las ciencias; Representaciones multimodales; Múltiples representaciones.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, por meio de uma simples busca na *internet* podemos obter inúmeros resultados apresentados a partir de textos escritos, vídeos, imagens, sons e da combinação destes (ROJO; MOURA, 2019). Isso ocorre porque a linguagem verbal é associada a uma multiplicidade de modos semióticos que, articulados, constroem os significados dos textos/discursos, ao que denomina-se *multimodalidade* (JEWITT et al., 2001; JEWITT, 2009; KRESS, 2010). É preciso questionar, neste sentido, qual é o papel da escola na preparação de sujeitos capazes de participar plenamente desta sociedade que requer a utilização e interpretação de textos/discursos multimodais.

Na tentativa de fornecer alguns direcionamentos para este questionamento, o conceito de multimodalidade tem sido usado por pesquisadores da área de linguagem para ressaltar que os significados dos textos/discursos não são apreendidos unicamente por meio da linguagem verbal, mas de multissemioses (CORRÊA; COSCARELLI, 2018). Tais ideias fomentam discussões importantes para a área de Ensino de Ciências, ao considerarmos que parte do que se espera do Ensino de Ciências é desenvolver nos estudantes a capacidade de ler textos multimodais (PEREIRA; TERRAZAN, 2011) e avaliar os diferentes modos de representações envolvendo a ciência, incluindo aqueles divulgados na mídia (DISESSA, 2004). Em outras palavras, é preciso preparar os estudantes para entender as conexões entre o texto verbal e estes outros modos de comunicação como parte da aprendizagem de Ciências (LEMKE, 1998; JEWITT et al., 2001; DISESSA, 2004; LEMKE, 2004; PRAIN; WALDRIP, 2006; WALDRIP et al., 2006; TYTLER et al., 2007; YORI; HAND, 2010; AINSWORTH et al., 2011; FRANZONI et al., 2011; LABURÚ; SILVA, 2011a; PEREIRA; TERRAZAN, 2011).

Para além desta dimensão associada às representações multimodais da ciência, o conceito de multimodalidade têm implicações para pensarmos de maneira mais ampla nos processos de ensino e aprendizagem que são realizados através da interação entre comunicação visual, acionária e linguística (JEWITT et al., 2001). Isso sinaliza a importância de compreendermos como esses diferentes modos de comunicação são utilizados nas salas de aula Ciências por professores e estudantes (JEWITT et al., 2001; MÁRQUEZ et al., 2003; PICCININI; MARTINS, 2004; QUADROS; MORTIMER, 2010; PADILHA; CARVALHO, 2011; DANIELSSON, 2016; QUADROS; GIORDAN, 2019).

Frente a estes aspectos este trabalho tem como objetivo discutir o papel da multimodalidade no Ensino de Ciências, a partir da consideração de achados disponíveis em estudos prévios sobre a temática, analisando os seguintes aspectos: (i) o discurso multimodal dos professores de Ciências; (ii) o uso de diferentes modos de comunicação pelos estudantes

nas aulas de Ciências; (iii) a multimodalidade e os recursos didáticos (livros didáticos, textos de popularização científica, laboratórios e vídeos). Não é nosso intuito realizar o levantamento sistemático e exaustivo da literatura da área. Em lugar disso, procuramos apresentar e discutir tendências gerais desses estudos, a partir de trabalhos representativos nacional e internacionalmente. Para atingir esse propósito realizamos buscas em bancos de dados nacionais e internacionais reconhecidos por sua relevância no meio acadêmico (SciELO, Scopus, Dialnet e Eric) considerando o recorte temporal de 20 anos (2000 a 2020). Em nossas buscas utilizamos palavras chave como: “multimodalidade”, “recursos multimodais”, “representações multimodais”, “representações múltiplas”, “modos semióticos”. Essas palavras-chave foram associadas à expressão “Ensino de Ciências” para obtermos estudos correspondentes a esta área de investigação. Além disso, também foram realizadas buscas utilizando as palavras-chave descritas traduzidas para o inglês.

A partir de nossas buscas preliminares selecionamos para discussão em nossa análise os trabalhos que atendiam aos seguintes critérios: (i) apresentar pelo menos uma das palavras-chave no título ou no resumo; (ii) enquadrar-se na área de Ensino de Ciências; (iii) discutir explicitamente o papel da multimodalidade no ensino de Ciências, enfatizando: o discurso dos professores, o uso de diferentes modos de comunicação pelos estudantes e/ou as relações entre recursos didáticos e a multimodalidade.

Antes de explorarmos os resultados alcançados neste levantamento, inicialmente, julgamos necessário lançar um olhar inicial para a multimodalidade em seus aspectos teóricos centrais. Posteriormente, discutimos a importância da multimodalidade na ciência e de sua inserção no ensino de Ciências.

2. A MULTIMODALIDADE COMO UM CONSTRUTO DA SEMIÓTICA SOCIAL

De acordo com Street (2012), dois movimentos teóricos distintos ocorreram de forma paralela durante as décadas de 1980 e 1990 e foram ganhando força nas pesquisas envolvendo letramento, linguagem e linguística. Um deles, com Michael Halliday, que fornecia argumentos inovadores em relação à necessidade de situar a linguagem em seu contexto social e à ideia de que o texto pode ser entendido em relação às funções ideacionais, interpessoais e textuais do signo. Outro, com Gunther Kress, que começou a utilizar estas ideias em relação à semiótica social e recorreu à compreensão de signos para entender como o contexto molda a criação e o recebimento de um texto. A partir do trabalho de Kress e Van Leeuwen (1996), o conceito de multimodalidade ganhou destaque, porque possibilitou considerar que todos os textos são multimodais, na medida em que envolvem aspectos que vão além da linguagem verbal. Essa obra teve um papel significativo ao mostrar que as imagens contribuem para a compreensão dos sentidos dos textos.

Assim, poderíamos afirmar, em linhas gerais, que do ponto de vista da multimodalidade nossa comunicação e, portanto, a construção de significados de textos/discursos, ocorre a partir da integração da linguagem verbal com outros modos de comunicação como imagens, gestos, tons de voz etc. Os modos são compreendidos como recursos semióticos socialmente moldados e empregados em uma cultura para fazer sentido (KRESS; VAN LEEUWEN, 1996; JEWITT et al., 2001; JEWITT, 2009; KRESS, 2010).

Neste sentido, a multimodalidade pode ser entendida como uma abordagem de comunicação em que modos textuais funcionam em conjunto, orientados pelos interesses de um criador de signos em determinado momento (STREET, 2012). De acordo com Corrêa e Coscarelli (2018) a ideia de multimodalidade aponta para a necessidade de se repensar a concepção da escrita como puramente verbal. Isso porque, as imagens, gráficos, diagramas etc. são integrados para a construção do sentido que emerge dos textos, o que indica que o escritor deve pensar nas diferentes camadas modais que os compõem e que o leitor deve saber interpretá-las.

Jewitt et al. (2001) também nos informam que, atualmente, entende-se que sempre recorreremos a uma multiplicidade de modos de comunicação ao mesmo tempo. Exemplo disto é o fato de que quando falamos, utilizamos diferentes tons de voz para expressar nossas emoções, fazemos expressões faciais, gesticulamos, etc. A produção de sentido ocorre não apenas por meio de nossas palavras, mas pela articulação de todos esses modos, naquilo que se denomina comunicação multimodal ou multimodalidade.

3. A MULTIMODALIDADE NA CIÊNCIA

No contexto científico usamos a linguagem verbal em conjunto com muitos outros modos de representação. Os livros e revistas destinados à divulgação científica raramente empregam apenas a linguagem verbal; ao contrário, as páginas frequentemente apresentam representações visuais-gráficas, equações matemáticas, gráficos e tabelas (LEMKE, 1998; 2004). Para Lemke (1998), a articulação desses diferentes modos é essencial ao desenvolvimento do conhecimento científico, pois enquanto a linguagem verbal pode ser útil no raciocínio sobre relações entre categorias, os desenhos e gestos são potencialmente úteis na expressão de significados topológicos (isto é, que envolvem variações de graus como cor, tamanho etc.). Em decorrência disto, os significados dos conceitos científicos não surgem da mera justaposição de cada sistema de representação com os demais, mas da combinação integrada destes modos de representação (LEMKE, 1998; 2004; LABURÚ; SILVA, 2011a).

A história da ciência nos fornece bons exemplos do papel da multimodalidade no âmbito científico. Nersessian (2008) descreve como Maxwell utilizou-se de analogias para construir um modelo visual para o conceito de campo eletromagnético, até então desconhecido naquela época. Naquele processo, o cientista empregou a linguagem verbal, a representação figurativa por meio da analogia e a representação visual, as quais combinadas possibilitaram um maior entendimento sobre o fenômeno e a derivação das leis matemáticas do campo eletromagnético. Além de destacar o papel das analogias na produção de modelos cada vez mais aperfeiçoados, Nersessian (2008) também comenta sobre a importância destas na comunicação das ideias de Maxwell à comunidade científica.

Com as gerações, a ciência traz à tona novas representações, as quais sofrem mudanças em função do desenvolvimento tecnológico (DISESSA, 2004; O'HALLORAN, 2009). Por exemplo, o desenvolvimento de recursos computacionais permitiu o avanço da modelagem molecular, possibilitando a criação de modelos refinados para o planejamento de fármacos (RODRIGUES, 2001). No âmbito da matemática, O'Halloran (2009) discute como o desenvolvimento histórico da tecnologia impactou as notações simbólicas neste campo de

conhecimento. Assim, enquanto em seus primórdios utilizava-se a contagem de dedos e ossos entalhados e, posteriormente, registros numéricos escritos, com a informatização o conhecimento matemático ganhou outro nível de complexidade. Poderíamos considerar, dessa forma, que os cientistas são *designers* de representações e, neste sentido, a representação é um aspecto legítimo do aprendizado da ciência (DISESSA, 2004).

Reconhecendo os diferentes modos de representação e comunicação utilizados na ciência, Lemke (1998) discute que a aprendizagem de Ciências não envolve apenas o conhecimento de conceitos e fatos científicos, mas também a capacidade de atribuir sentido a conceitos verbais, relacionamentos matemáticos, representações visuais e operações técnico-manuais, isto é, requer que os estudantes sejam capazes de interpretar e transitar por diferentes modos semióticos utilizados na ciência. Sob esse ponto de vista, os estudantes precisam entender e integrar essas diferentes modalidades representacionais, visando a aprendizagem de como pensar e agir cientificamente (LEMKE, 1998; 2004; TYTLER et al., 2007).

4. UM OLHAR MULTIMODAL PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

A importância da multimodalidade no ensino de Ciências decorre da premissa de que os significados são negociados a partir das interações sociais, as quais envolvem os múltiplos modos de comunicação disponíveis. Nesse sentido, a fala não é o único modo pelo qual nos comunicamos, ela é articulada com gestos, expressões faciais, imagens, tons de voz etc. (JEWITT et al., 2001; JEWITT, 2009; KRESS, 2010). Soma-se a isto o fato de que a aprendizagem de conceitos científicos não pode ser desvinculada da compreensão de como representar esses conceitos e do significado dessas representações. Assim, a aprendizagem de Ciências requer um ambiente instrucional centrado em *representações múltiplas e representações multimodais* (PRAIN; WALDRIP, 2006; WALDRIP et al., 2006; TYTLER et al., 2007; WALDRIP et al., 2010; YORI; HAND, 2010; LABURÚ; SILVA, 2011a; QUADROS; GIORDAN, 2019).

Por representações multimodais entende-se a integração de diferentes modos de representar o raciocínio, processos e descobertas no discurso científico (WALDRIP et al., 2006; TYTLER et al., 2007). Trabalhar as representações multimodais no ensino de Ciências significa, dessa forma, considerar os diferentes modos de representação: verbais, gráficos, figurativos, experimentos, maquetes (3-D), gestos, matemáticos etc. (LABURÚ; SILVA, 2011a). Por outro lado, múltiplas representações significa a capacidade de representar um mesmo conceito ou processo científico em diferentes formas. Por exemplo, uma reação química pode ser explicada verbalmente pela fala, ao mesmo tempo em que ela é representada através de uma equação química e de uma simulação computacional.

Quadros e Giordan (2019) identificaram uma tendência na literatura da área de considerar, cada vez mais, o protagonismo do estudante no trabalho com representações multimodais na própria aprendizagem. De acordo com estes autores, esse tipo de trabalho enfatiza a comunicação e o intenso envolvimento dos estudantes durante as aulas. O uso e a integração de múltiplos modos nas salas de aula de Ciências facilita a aprendizagem, ao possibilitar o mapeamento de conexões entre conceitos da ciência, representações e experiência perceptiva (WALDRIP et al., 2010).

Os pesquisadores que consideram o papel da multimodalidade no ensino de Ciências, em geral, têm se apoiado nos pressupostos da semiótica social para enfatizar a importância da comunicação multimodal dos professores e estudantes e para discutir diferentes recursos didáticos sob o ponto de vista da multimodalidade.

4.1 A comunicação multimodal dos professores

Algumas pesquisas na área de Ensino de Ciências têm se dedicado a investigar a maneira pela qual professores mobilizam diferentes modos de comunicação durante suas aulas (MÁRQUEZ et al., 2003; PICCININI; MARTINS, 2004; PRAIN; WALDRIP, 2006; GILLEN et al., 2008; QUADROS; MORTIMER, 2010; WALDRIP et al., 2010; MORTIMER et al., 2014; GIORDAN et al., 2015; MORO et al., 2015; DANIELSSON, 2016; QUADROS; GIORDAN, 2019). Em geral, estas pesquisas enfatizam a frequência com que cada modo aparece no discurso, a função de cada um desses modos e as relações entre eles.

No que diz respeito à frequência de cada modo no discurso do professor, em geral, a fala se sobressai aos demais (MÁRQUEZ et al., 2003; DANIELSSON, 2016), mas muitas vezes ela é associada a outros modos, como: gestos, imagem e escrita no quadro. Márquez et al. (2003) discutem que, por mais que a fala tenha sido o modo mais recorrente na comunicação da professora em análise no seu trabalho, isto poderia ser diferente em um outro contexto. Os autores citam como exemplo uma aula com um estudante surdo-mudo, na qual, possivelmente, o modo gestual apareceria com maior frequência através da linguagem de sinais. A escolha por quais modos utilizar é, então, baseada tanto no potencial representativo e comunicativo daquele modo, quanto no contexto sociocultural da sala de aula (MÁRQUEZ et al., 2003).

Em um estudo realizado com uma professora de Ciências e seus estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental, Piccinini e Martins (2004) evidenciaram uma variedade de usos dos diferentes modos semióticos em contextos pedagógicos variados. Em geral, nas atividades de cunho conceitual, os diversos modos semióticos (verbal, gestual e visual) foram usados de forma alternada. Por outro lado, nas atividades mais relacionadas ao gerenciamento de classe, os modos verbal e gestual predominaram.

Em alguns contextos, os gestos parecem ser bastante significativos no discurso dos professores. Márquez et al. (2003) evidenciaram que, depois da linguagem verbal, o modo gestual foi o mais frequente no discurso da professora de Ciências investigada. Quadros e Mortimer (2010) investigaram um professor de Química de Ensino Superior, cujas aulas são bem avaliadas pelos estudantes, e perceberam que ele usa a linguagem verbal de forma concomitante com outros modos de comunicação, principalmente os gestos. Piccinini e Martins (2004) evidenciaram que, algumas vezes, o gesto era subordinado à linguagem verbal, enquanto em outras situações completava a linguagem verbal ou, ainda, era o modo principal para a expressão de determinadas ideias. A escrita no quadro (incluindo os desenhos) também tem lugar significativo na comunicação dos professores. Em alguns casos, ela potencializa o uso de gestos e a articulação destes com a fala (MORTIMER et al., 2014) e possibilita a ocorrência desses gestos (MORO et al., 2015).

Algo importante a ser observado é que o significado emerge da articulação entre estes diferentes modos no processo comunicativo (MÁRQUEZ et al., 2003; MORTIMER et al.,

2014; MORO et al., 2015; DANIELSSON, 2016). Márquez et al. (2003) discutem que essa articulação entre os modos pode acontecer de duas formas: colaboração e especialização. Uma relação de cooperação significa que os modos comunicativos são utilizados para dar significado a um mesmo conceito ou processo através da realização de uma mesma função. Por outro lado, a relação de especialização entre os modos indica que eles foram utilizados para dar sentido a um mesmo conceito ou processo, mas cada um contribuiu com uma função distinta.

No estudo realizado por Márquez et al. (2003) eles observaram que a relação cooperativa predominou na gestão da sala de aula e no espaço de representação das ideias. Esse tipo de relação enfatiza e destaca a importância do que está sendo comunicado. Por exemplo, Piccinini e Martins (2004) perceberam um paralelismo entre a linguagem verbal e os gestos associados a ela. Para estas autoras, este paralelismo tem o propósito de expressar ideias. Isso ocorre na medida em que os gestos ilustram a linguagem verbal e esta especifica o sentido do gesto.

Já no que diz respeito à relação de especialização entre os modos, Márquez et al. (2003) discutem que ela torna a informação mais precisa. Isso porque, considerando que cada modo assume uma função distinta, torna-se necessária a contribuição especializada de todos eles para a construção de significados de forma mais abrangente. Por isso, as pesquisas evidenciam uma grande variedade de funções exercidas pelos diferentes modos na comunicação. Neste sentido, embora a fala possa ser o modo mais recorrente nas salas de aula de Ciências, algumas vezes certos aspectos são comunicados de maneira especializada por gestos ou linguagem visual sem a intervenção da fala (MÁRQUEZ et al., 2003).

Danielsson (2016) também mostrou que os modos utilizados pelos professores podem assumir funções especializadas dentro da representação de um mesmo conceito. Em seu estudo realizado com professores de Química durante o ensino dos modelos atômicos, ele observou que os gestos dos professores buscavam principalmente destacar a dimensão dinâmica do átomo, como a movimentação de elétrons. Por outro lado, as imagens geralmente descreveram o átomo como estático, destacando as várias partículas do átomo e suas posições. Uma consideração importante realizada pelo autor é que o fato de cada modo realizar funções especializadas contribuiu para que, ao final do processo, o uso desses vários modos pelos professores permitisse uma instrução abrangente sobre o átomo.

4.2 O uso de diferentes modos de comunicação pelos estudantes de Ciências

Algumas pesquisas têm mostrado que apenas a linguagem verbal não é suficiente para termos acesso ao entendimento dos estudantes sobre os fenômenos e às ideias que eles querem expressar (JEWITT et al., 2001; PICCININI; MARTINS, 2004; PADILHA; CARVALHO, 2011; COOPER et al., 2015). Quando os estudantes iniciam a aprendizagem de Ciências, eles se deparam com palavras novas, mas também com palavras que são usadas cotidianamente por eles, tais como: calor, força, energia, derreter, dissolver etc. (MORTIMER, 1996; PADILHA; CARVALHO, 2011). Conforme nos indicam os autores supracitados, as palavras comuns a esses dois contextos (cotidiano e científico escolar) nem sempre são usadas com o mesmo significado. Em função disso, tais palavras podem ser utilizadas pelos estudantes de forma confusa quando eles se envolvem no discurso científico escolar e, nesses casos, eles recorrem

frequentemente ao uso de gestos (PICCININI; MARTINS, 2004; PADILHA; CARVALHO, 2011).

Piccinini e Martins (2004), ao estudarem a comunicação multimodal numa sala de aula de Ciências do 6º ano do Ensino fundamental, observaram que o modo verbal era empregado com mais prontidão em situações relacionadas à cronologia de eventos. Por outro lado, quando os estudantes eram solicitados a reconstruir as explicações para os fenômenos em estudo, o modo gestual e as ações foram indispensáveis para a construção do texto verbal. As autoras observaram que os gestos utilizados pelos estudantes foram essenciais para que, na falta de palavras adequadas para explicar o fenômeno, eles pudessem explicar os conceitos trabalhados. Assim, para explicar sobre a força da gravidade, por exemplo, os estudantes evidenciavam seu entendimento através da demonstração de um lápis caindo. O potencial do gesto naquela situação comunicativa fez com que até mesmo a fala e a escrita estivessem subordinadas ao uso de gestos pelos estudantes.

Tais resultados são coerentes com aqueles obtidos por Padilha e Carvalho (2011) com estudantes do ensino fundamental em aulas relacionadas ao conhecimento físico. No contexto em estudo, a falta das palavras adequadas para explicar os conceitos físicos foi superada pelos estudantes quando eles articulavam gestos e palavras. Pode-se dizer que os gestos tiveram ao menos duas funções distintas: a primeira relaciona-se à socialização do conhecimento na qual o gesto atuava complementando o discurso, atribuindo sentido ao que era dito; a segunda relaciona-se ao papel que desempenharam como ferramentas cognitivas, favorecendo o processo de construção do conhecimento do sujeito. Tais resultados corroboram com o que foi demonstrado por Jewitt et al. (2001) sobre o caráter multimodal da aprendizagem, através da interação entre comunicação visual, acionária e linguística da transformação de informações em diferentes modos.

No que diz respeito às pesquisas envolvendo representações multimodais e representações múltiplas no ensino de Ciências, autores tem discutido que a integração entre diferentes modos de representação favorece o desenvolvimento conceitual dos estudantes e a aprendizagem sobre ciência (PRAIN; WALDRIP, 2006; WALDRIP et al., 2006; TYTLER et al., 2007; WALDRIP et al., 2010; YORI; HAND, 2010; LABURÚ; SILVA, 2011a; QUADROS; GIORDAN, 2019). Ademais, o trabalho com representações multimodais pode favorecer o acesso às ideias dos estudantes, incluindo aquelas incompatíveis com o conteúdo científico escolar almejado pelo professor (TYTLER et al., 2007). Tytler et al. (2007) observaram que o uso conectado de modos visuais e verbais para representar o entendimento científico sobre o tema evaporação trouxe à tona vários equívocos e possibilitou que eles fossem percebidos pelo professor e esclarecidos com trabalhos representacionais adicionais.

Disessa (2004) argumenta que o ensino de Ciências deve contemplar uma perspectiva que vá além da aprendizagem de representações sancionadas e específicas (gráficos, tabelas etc.). Este tipo de aprendizagem deve incluir princípios e estratégias de *design* de representações que se aplicam a qualquer representação científica. Daí a importância de envolver os estudantes na elaboração de suas próprias representações e em diferentes modos. A elaboração de desenhos pelos estudantes tem sido bastante valorizada neste sentido

(LABURÚ et al., 2009; AINSWORTH et al., 2011; FRANZONI et al., 2011; CAPPELLE; MUNFORD, 2015; COOPER et al., 2015; TYTLER et al., 2019).

Em geral, a elaboração de desenhos pelos próprios estudantes pode contribuir para: favorecer o raciocínio e a aprendizagem de Ciências (LABURÚ et al., 2009; AINSWORTH et al., 2011; TYTLER et al., 2019); a comunicação dos estudantes (AINSWORTH et al., 2011; TYTLER et al., 2019); aprender a representar ideias e processos científicos (AINSWORTH et al., 2011; FRANZONI et al., 2011; CAPPELLE; MUNFORD, 2015); favorecer o engajamento dos estudantes nas atividades (AINSWORTH et al., 2011); evidenciar as dificuldades conceituais dos estudantes (LABURÚ et al., 2009; FRANZONI et al., 2011; COOPER et al., 2015).

Embora grande parte dos estudos que investigam o uso de desenhos sejam realizados com estudantes da educação básica, temos exemplos representativos das potencialidades da elaboração de desenhos por estudantes do ensino superior (COOPER et al., 2015). Cooper *et al.* (2015) investigaram as concepções sobre forças intermoleculares pedindo aos estudantes universitários de química geral que descrevessem sua compreensão por escrito e por meio de desenhos que representassem estas forças. Os autores observaram que as descrições escritas dos estudantes sobre as forças intermoleculares eram ambíguas e não permitiam acessar alguns aspectos da compreensão dos estudantes sobre o assunto trabalhado. Somente quando os desenhos dos estudantes foram consultados, os autores conseguiram determinar se eles tinham um entendimento adequado das forças intermoleculares. Para os autores, em situações nas quais a informação espacial é decisiva, os desenhos têm maior probabilidade de fornecer informações significativas sobre as concepções dos estudantes.

Dessa forma, é preciso repensar as funções da linguagem escrita dos estudantes na aprendizagem de Ciências, entendida a partir de um sistema representacional multimodal nestas pesquisas recentes (PRAIN, 2006). Conforme Prain (2006) indicou, pesquisas sobre métodos e práticas de escrita de cientistas têm sido usadas para justificar práticas de escrita mais diversas para o aprendizado das Ciências, mas é preciso considerar a explicação escrita como apenas um modo de comunicação e representação para que seja possível dar maior ênfase à integração de modos diversificados (PRAIN, 2006).

4.3 A multimodalidade e os recursos didáticos

Do ponto de vista da multimodalidade, alguns estudos têm investigado em que medida certos recursos didáticos podem contribuir para a aprendizagem de Ciências (GILLEN et al., 2008; ASEM, 2009; LABURÚ; SILVA, 2011b; PEREIRA; TERRAZAN, 2011).

Laburú e Silva (2011b), por exemplo, situam os laboratórios didáticos utilizados no ensino de Ciências no referencial da multimodalidade representacional. Sob esse enfoque, os autores consideram a *ação experimental* envolvendo as entidades do mundo natural como uma *modalidade representacional* que deveria fazer parte da variedade de representações multimodais no ensino de Ciências. Ao considerá-la dessa forma, os autores indicam que o emprego dessa modalidade no ensino de Ciências envolve a realização de gestos e ações para a execução dos procedimentos experimentais. Os modos de representação mobilizados neste

espaço têm uma natureza própria e, por essa razão, estimulam processos cognitivos específicos para a aprendizagem. Neste sentido, o modo representacional experimental não apenas destaca aspectos epistemológicos do conhecimento científico, mas também carrega consigo um aspecto pedagógico único que, articulado com outros modos representacionais, auxilia no desenvolvimento do pensamento científico.

Pereira e Terrazan (2011) investigaram em que medida os textos multimodais de popularização científica podem contribuir para a melhoria do ensino de Ciências para crianças. Os autores investigaram textos de popularização científica presentes na seção ‘Ecologia e Meio Ambiente’ do sítio Ciência Hoje das Crianças, do Instituto Ciência Hoje. De uma maneira geral, eles observaram que as imagens presentes nestes textos permitem a visualização de entidades pouco familiares aos estudantes. Tais imagens cumprem dois papéis principais: (i) aproximar o leitor dos conhecimentos científicos expressos verbalmente; e (ii) ilustrar a explicação científica dada por meio da linguagem verbal. Algo que chama atenção neste estudo é o fato de que a leitura multimodal é uma habilidade importante para que o leitor possa compreender os sentidos que emergem destes textos. Isto realça a importância do professor como mediador para que os estudantes possam desfrutar do potencial das imagens apresentadas em tais textos.

O uso de imagens dinâmicas também parece ter um papel significativo para a aprendizagem de Ciências e para o engajamento dos estudantes neste processo. Asem (2009) investigou quais aspectos atraíram mais a atenção dos estudantes ao assistirem ao documentário “Verdade Inconveniente” que trata do aquecimento global. A autora analisou as informações presentes no documentário que foram mais significativas aos estudantes, partindo do referencial da multimodalidade. Ela observou que os recursos gráficos apresentados pelo vídeo tiveram grande impacto na elaboração de argumentos, devido ao papel legitimador do conhecimento que é atribuído a eles pelos estudantes.

Gillen et al. (2008) realizaram um estudo interessante envolvendo a maneira pela qual o professor realiza a integração de diferentes modos de representação através de um quadro interativo - o *Interactive WhiteBoard* (IWB). Esse recurso permite ao professor preparar o material com antecedência e, até mesmo, construí-lo na frente da turma. Além disso, é possível recuperar materiais rapidamente e exibi-los para a turma ao mesmo tempo em que permite manipular itens diretamente na tela, de forma semelhante a um computador individual (KENNEWELL et al., 2007). Este recurso possibilitou que o professor exibisse vídeos demonstrando a realização de experimentos e que as imagens destes vídeos fossem capturadas e rerepresentadas novamente em momentos oportunos das aulas. O IWB, favoreceu a introdução e exploração dos principais conceitos científicos nos contextos estudados. Os autores concluíram que o IWB pode facilitar as interações com vários modos de representação.

5. Discussão e implicações para a pesquisa e para o Ensino de Ciências

Neste trabalho nos propusemos a discutir sobre o papel da multimodalidade no ensino de Ciências, a partir de uma revisão de trabalhos sobre a temática. Não somos ingênuos a ponto de pensar que o presente trabalho poderia abarcar toda a complexidade desta área de investigação. Nosso esforço aqui foi realizado no sentido de, ao menos, apresentar alguns

achados centrais da literatura da área, selecionados por meio de buscas em bancos de dados nacionais e internacionais reconhecidos.

De uma maneira geral, as pesquisas envolvendo a comunicação multimodal do professor indicam que a fala é, geralmente, o modo que aparece mais frequentemente, mas que, por si só, não é suficiente para abarcar toda a complexidade das ideias a serem comunicadas nas salas de aula de Ciências. As pesquisas indicam que outros modos, como o gestual e o visual, funcionam tanto complementando a linguagem verbal quanto impregnando novos sentidos ao discurso, a depender do contexto. Em alguns casos, as funções específicas de cada um desses modos possibilitam uma compreensão mais abrangente dos fenômenos estudados, o que justifica o fato de algumas vezes estes outros modos se manifestarem de forma especializada, sem a intervenção da fala. Tais considerações indicam a necessidade do uso consciente desses diferentes modos no ensino, visando a compreensão dos estudantes sobre os conceitos científicos e sobre representações multimodais que envolvem a ciência. Nesse sentido, como destacam Jewitt et al. (2001) é preciso que o professor reflita constantemente sobre qual modo atende melhor a uma determinada tarefa, assim como sobre as demandas cognitivas e representacionais que estes diferentes modos podem implicar para os estudantes.

As pesquisas envolvendo o uso de diferentes modos pelos estudantes de Ciências identificam uma variedade de contribuições desses modos tanto para a aprendizagem e comunicação de ideias, quanto para auxiliar o acesso do professor a estas ideias. No entanto, como Yori e Hand (2010), consideramos que um aspecto que precisa ser considerado e melhor explorado na área é a variedade de oportunidades que agora estão disponíveis para os estudantes usarem na construção e na comunicação de representações. Por exemplo, enquanto a prática de envolver os estudantes na elaboração e refino de modelos é, há algum tempo, considerada como um aspecto importante no ensino de Ciências (JUSTI, 2006), atualmente estes modelos podem ser produzidos com a utilização de recursos computacionais (MARTINS et al, 2020) e até mesmo concretizados com o auxílio de uma impressora 3D (ALMEIDA; KIILL, 2019). Neste sentido, consideramos que a pesquisa envolvendo multimodalidade no Ensino de Ciências precisa considerar o papel das novas Tecnologias de Informação e Comunicação nos processos de ensino e aprendizagem (CORRÊA; COSCARELLI, 2018; ROJO; MOURA, 2019).

Como evidencia a literatura da área, os recursos didáticos utilizados têm importantes papéis nas salas de aula de Ciências ao favorecer o acesso dos estudantes às representações multimodais; o que, por consequência, realça o importante papel do professor como mediador deste processo. Por exemplo, no que se refere ao uso de textos multimodais é preciso que o professor esteja preparado para lidar com estes textos e orientar a leitura multimodal dos estudantes para que ela ocorra de forma efetiva (PEREIRA; TERRAZAN, 2011).

Ademais, ao mesmo tempo em que o trabalho com recursos multimodais tem colocado novos desafios aos professores, o uso das novas tecnologias pode facilitar esta tarefa. Por exemplo, experimentos que não podem ser realizados em laboratórios físicos, seja em função da escassez de reagentes, instrumentos ou espaço físico adequados, podem ser realizados virtualmente. Como exemplo, podemos citar o *laboratório virtual*³ que permite a realização de

³ Disponível em: <http://virtuallab.pearson.com.br/>. Acesso: 16/07/2020.

experimentos com recursos correspondentes a um laboratório físico. Assim, este tipo de recurso, assim como o IWB, facilitam a articulação entre diferentes recursos multimodais para alcançar os objetivos educacionais estabelecidos pelo professor (GILLEN et al., 2008). Por isso, consideramos que um desafio para as pesquisas envolvendo a multimodalidade no Ensino de Ciências está em ampliar os estudos sobre as diferentes possibilidades disponíveis com o avanço das tecnologias de informação e comunicação (YORI; HAND, 2010).

Agradecimentos

À FAPEMIG e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Referências

AINSWORTH, Shaaron.; PRAIN, Vaughan.; TYTLER, Russell. Drawing to learn in science. *Science*, v. 333, n. 6046, p. 1096-1097, 2011.

ALMEIDA, Joyce Fernandes; KIILL, Keila Bossolani. Modelagem tridimensional: Reflexões de futuros professores de Química para o ensino e aprendizagem da interação enzima-substrato. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24, n. 3, p. 282-304, 2019.

ASEM, Erica. A visão dos alunos sobre aquecimento global a partir do documentário verdade inconveniente. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 1504-1509, 2009.

CAPPELLE, Vanessa; MUNFORD, Danusa. Desenhando e Escrevendo para Aprender Ciências nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. *Alexandria: Revista em Educação em ciência e tecnologia*, v. 8, n. 2, p. 123-142, 2015.

COOPER, Melanie. M.; WILLIAMS, Leah. C.; UNDERWOOD, Sonia. Student Understanding of Intermolecular Forces: A Multimodal Study. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 8, p. 1288-1298, 2015.

CORRÊA, Hércules Tôledo.; COSCARELLI, Carla. Multimodalidade. In: MILL, D. (Org). *Dicionário crítico de Educação e Tecnologias e de EAD*. Campinas: Papyrus, 2018. p.467-470.

DANIELSSON, Kristina. Modes and meaning in the classroom: The role of different semioticresources to convey meaning in science classroom. *Linguistics and Education*, v. 35, p. 88-99, 2016.

DISESSA, Andrea A. Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and instruction*, v. 22, n. 3, p. 293-331, 2004.

FRANZONI, Gilberto; LABURÚ, Carlos Eduardo.; SILVA, Osmar Henrique Moura. O desenho como mediador representacional entre o experimento e esquema de circuitos elétricos. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, v. 6, n. 1, p. 33-43, 2011.

GILLEN, Julia. et al. Using the interactive whiteboard to resource continuity and support multimodal teaching in a primary science classroom. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 24, p. 348–358, 2008.

GIORDAN, Marcelo; SILVA-NETO, Arcelino Bezerra; AIZAWA, Alexandre. 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*, v. 37, n. 1, p. 82-94, 2015.

JEWITT, Carey. *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*. London and New York: Routledge, 2009.

JEWITT, Carey et al. Exploring Learning Through Visual, Actional and Linguistic Communication: The multimodal environment of a science classroom. *Educational Review*, v. 53, n. 1, p. 5-18, 2001.

JUSTI, Rosária. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

KENNEWELL, Steve. et al. Analysing the use of interactive technology to implement interactive teaching. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 24, n. 1, p. 61-73, 2007.

KRESS, Gunther. *Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication*. New York: Routledge, 2010.

KRESS, Gunther; VAN LEEUWEN, Theo. *Reading Images: the grammar of visual design*. London and New York: Routledge, 1996.

LABURÚ, Carlos Eduardo; GOUVEIA, Amândio Augusto; BARROS, Marcelo Alves. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: Uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 1, p. 24-47, 2009.

LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Osmar Henrique Moura. Multimodos e múltiplas representações: Fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011a.

_____. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 3, p. 721-734, 2011b.

LEMKE, Jay L. Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions. Conference on Science Education, 1998, Barcelona.

_____. The literacies of science. In: SAUL, E. W. (Ed.). *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice*. Newark: International Reading Association and National Science Teachers Association, 2004. p.33-47.

MÁRQUEZ, Conxita; IZQUIERDO, Merce; ESPINET, Mariona. Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias*, v. 21, n. 3, p. 371–386, 2003.

MARTINS, Diego et al. O papel dos modelos computacionais e das analogias na aprendizagem do processo de interação fármaco-enzima no ensino fundamentado em modelagem. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, n. u, p. 823-854, 2020.

MORO, Luciana et al. Influência de um terceiro modo semiótico na gesticulação de uma professora de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 1, p. 9-32, 2015.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: Para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, Eduardo Fleury et al. Interações entre modos semióticos e a construção de significados em aulas de ensino superior. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 16, n. 3, p. 121-146, 2014.

NERSESSIAN, Nancy J. *Creating Scientific Concepts*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2008.

O'HALLORAN, Kay. Historical changes in the semiotic landscape: From calculation to computation. In: JEWITT, C. (Ed.). *The Routledge handbook of multimodal analysis*. London and New York: Routledge, 2009. p.98-113.

PADILHA, Jackson Neo; CARVALHO, Ana Maria Pessoa. Relações entre os gestos e as palavras utilizadas durante a argumentação dos alunos em uma aula de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 2, p. 25-40, 2011.

PEREIRA, Andrea Garcez; TERRAZAN, Eduardo Adolfo. A multimodalidade em textos de popularização científica: Contribuições para o ensino de ciências para crianças. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 2, p. 489-503, 2011.

PICCININI, Cláudia; MARTINS, Isabel. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belho Horizonte)*, v. 26, n. 1, p. 24-37, 2004.

PRAIN, Vaughan. Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications. *International Journal of Science Education*, v. 28, n. 2-3, p. 179-201, 2006.

PRAIN, Vaughan; WALDRIP, Bruce. An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-modal Representations of Concepts in Primary Science. *International Journal of Science Education*, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

QUADROS, Ana Luiza; GIORDAN, Marcelo. Rotas de transição modal e o ensino de representações envolvidas no modelo cinético molecular. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24, n. 3, p. 74-100, 2019.

QUADROS, Ana Luiza; MORTIMER, Eduardo Fleury. *Linguagem Multimodal: as aulas do professor de Ensino Superior*. XV Encontro Nacional de Ensino de Química. Brasília 2010.

ROJO, Roxane; MOURA, Eduardo. *Multiletramentos na escola*. São Paulo: Parábola Editorial, 2012.

_____. *Letramentos, mídias, linguagens*. São Paulo: Parábola Editorial, 2019.

STREET, Brian. *Literacy and multimodality*. Unpublished paper. STIS Lecture: Inter-Disciplinary Seminars O Laboratório SEMIOTEC, da FALE/UFMG Faculdade de Letras, Belo Horizonte, Brasil 2012.

TYTLER, Russell. et al. Drawing to reason and learn in science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 57, n. 2, p. 209-231, 2019.

TYTLER, Russell.; PRAIN, Vaughan.; PETERSON, Suzanne. Representational Issues in Students Learning About Evaporation. *Research in Science Education*, v. 37, n. 3, p. 313–331, 2007.

WALDRIP, Bruce.; PRAIN, Vaughan.; CAROLAN, Jim. Learning Junior Secondary Science through Multi-Modal Representations. *Electronic Journal of Science Education*, v. 11, n. 1, p. 87-107, 2006.

_____. Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. *Research in Science Education*, v. 40, p. 65-80, 2010.

YORI, Larry. D.; HAND, Brian. Epilogue: Plotting a Research Agenda for Multiple Representations, Multiple Modality, and Multimodal Representational Competency. *Research in Science Education*, v. 40, p. 93–101, 2010.