



Percepções de Professores de Química do Ensino Superior Sobre o uso de Modelos Moleculares em Seus Percursos Profissionais

Leandro Antonio Oliveira  • Eduardo Fleury Mortimer 

Resumo

A noção de *mediação* é central na psicologia sócio-histórica, como originalmente adotada por Vigotski e ampliada por Wertsch com a apresentação da sua Teoria da Ação Mediada. Algumas propriedades da ação mediada são usadas neste artigo como princípio organizador ao analisarmos relatos, em uma perspectiva histórico/processual, de seis professores de Química do Ensino Superior sobre o uso do recurso educacional usualmente reconhecido como modelos moleculares em seus percursos profissionais. Focamos principalmente nos processos mediados por modelos moleculares, nas mudanças que ocorreram nesses processos e no reconhecimento de limitações/possibilidades de seus usos nas aulas, à luz da Teoria da Ação Mediada. Como principais resultados, apontamos algumas transformações das ações dos professores, a partir de adaptações, substituição e/ou abandono de modelos moleculares na prática docente e alterações em suas habilidades em usá-los, muitas vezes motivadas pelo reconhecimento de limitações/possibilidades desse recurso no ensino. A partir disso, apresentamos contribuições e implicações desta pesquisa para a área de Educação em Ciências.

Palavras-chave RECURSOS EDUCACIONAIS • AÇÃO MEDIADA • MODELOS MOLECULARES • ENSINO SUPERIOR

Perceptions of Higher Education Chemistry Teachers on the Use of Molecular Models in Their Professional Paths

Abstract

Mediation is a key concept in sociohistorical psychology, as first proposed by Vygotsky then expanded by Wertsch in his Mediated Action Theory. Using a historical/procedural approach, some properties of mediated action are taken in this article as an organizing principle to analyze reports of six chemistry professors on the implementation of an educational resource known as the molecular model in their professional careers. We focus mainly on processes mediated by molecular models, the changes that have occurred in these processes and the recognition of constraints and affordances related to their use in classes, in light of the Mediated Action Theory. The main results point to transformations in the teachers' actions, from adaptation, replacement and/or abandonment of molecular models in their teaching practice to changes in their abilities to use them, often motivated by the recognition of constraints/affordances that had been observed in the classroom. Finally, we extend these contributions and implications to the field of Science Education.

Keywords EDUCATIONAL RESOURCES • MEDIATED ACTION • MOLECULAR MODELS • HIGHER EDUCATION

Introdução

O uso de Recursos Educacionais¹ (RE) é uma prática mediada por ferramentas culturais (Vigotski, 2003) bastante comum em salas de aula e recorrente quando professores compartilham significados com estudantes. Tal prática é geralmente integrada à ação performática de professores potencializando a comunicação de conhecimentos no ato de ensinar. Mortimer e Quadros (2018) destacam que, de certa forma, o uso de RE é automático pois, muitas vezes, ocorre sem que o professor reflita sobre o que está fazendo.

RE são utilizados por professores de Ciências na comunicação de conhecimentos científicos. Oliveira e colaboradores (2019) apresentam duas categorias principais de RE: (1) meios mediacionais, termo cunhado por Wertsch (1998), que na Educação se refere a RE imbuídos de significados que influenciam diretamente na ação, tais como modelos moleculares (MM) e aparatos experimentais; e (2) meios usados como suportes materiais, que servem como *apoio* para que um meio mediacional seja usado. São exemplos desta última categoria lousas, livros, cadernos e aparatos de projeção de imagens.

No ensino de Química, em especial, alguns RE são utilizados com finalidades representacionais e analógicas, visto que esta área é considerada a mais abstrata das Ciências (Habracken, 1996). Segundo Stieff e colaboradores (2016), a própria natureza dos conteúdos químicos disciplinares é abstrata por se referir a fenômenos e processos em escala atômica. Nesse contexto, RE servem para construir, selecionar, interpretar e usar representações disciplinares na comunicação, resolução de problemas e aprendizagem (Stieff et al., 2016). Isto se torna mais proeminente quando o olhar recai sobre a natureza de conteúdos químicos disciplinares em contextos de Educação Superior, visto que neles, os conhecimentos são mais especializados.

Nas últimas décadas, contextos de Educação do Ensino Superior (ES) vêm recebendo maior atenção de pesquisadores. Contudo, Martins (2012) considera que as pesquisas tendem a se concentrar principalmente em temas gerais, como Financiamento Educacional, Gestão de Sistemas Universitários, Políticas Públicas de Acesso etc. Neves et al., (2018) elencam uma série de justificativas dadas por pesquisadores para estudar o ES nestes cenários, tais como: aumento do custo de financiamento do ES; diversificação dos currículos e suas implicações na formação superior; necessidade de expansão da cobertura do sistema; relação entre ampliação do acesso e democratização do sistema com a inclusão de setores mais populares; desenvolvimento tecnológico e disputas sociais em torno do sentido e do valor da Educação Superior etc. Com isto, ficam à margem estudos focados para o que geralmente acontece nas salas de aulas universitárias. Reconhecemos a importância desses temas gerais para a melhor compreensão do campo da Educação Superior, porém, destacamos que, tão importante quanto essas, são as pesquisas que lançam luzes sobre a prática docente nas universidades, aspecto ainda pouco explorado (Mortimer & Quadros, 2018).

¹ Recursos Educacionais são definidos pela Unesco como sendo os materiais de ensino, aprendizagem e pesquisa em qualquer suporte ou mídia. Dentre outras coisas, eles podem ser livros didáticos, vídeos, artigos de pesquisa, *softwares* e qualquer ferramenta, material ou técnica, que possa apoiar o acesso ao conhecimento.

Cunha (2009) relata uma pesquisa pioneira no Brasil, realizada há mais de duas décadas, na qual buscou desvelar e compreender quais aspectos determinam o *bom desempenho* de alguns professores universitários. Um dos aspectos mais destacados na pesquisa de Cunha se refere à qualidade das interações professor/estudantes. A partir deste estudo, houve um movimento de pesquisadores interessados em compreender como professores do ES brasileiro interagem com estudantes em suas aulas.

Quadros e Mortimer (2014) destacam que, na última década, pesquisadores têm buscado caracterizar e analisar estratégias de ensino de professores universitários de Ciências. Elencamos alguns trabalhos, no contexto de ensino de Química, que se enquadram neste grupo, tais como aqueles focados em práticas e estratégias de ensino de professores bem-sucedidos (Quadros & Mortimer, 2014; Quadros & Mortimer, 2016); em relações pedagógicas promovidas por eles ao ensinar conteúdos químicos (Oliveira & Quadros, 2020; Quadros & Mortimer, 2018; Quadros et al., 2018; Quadros et al., 2018a; 2018b); em aspectos multimodais do discurso de professores (Mortimer & Quadros, 2018; Azevedo et al., 2014; Moro et al., 2015a; 2015b; Silva et al., 2021); e em estratégias de leitura e interpretação de textos de livros didáticos (Alves & Mortimer, 2017; 2019; Oliveira & Queiroz, 2011).

Professores de Química do ES fazem uso de diversos RE, fundamentais e determinantes para a construção de conhecimentos especializados (Oliveira, 2018). Durante esses processos, docentes têm um importante papel a desempenhar quando objetivam facilitar a aprendizagem de estudantes de modo a promover, por exemplo, a integração entre teorias científicas, fenômenos observáveis e as representações químicas. Todavia, Habraken (1996) aponta que uma característica da Química, que pode ser um desafio, é que esta é *a mais visual das Ciências*. Concordamos com isso e consideramos que o uso de RE para a representação de entidades ou fenômenos auxilia na comunicação de conteúdos químicos, podendo ampliar a compreensão de conceitos por estudantes. Prain e Tytler (2012) acrescentam que lidar com as características de representações químicas é importante porque elas apresentam possibilidades e, também, limitações que influenciam no raciocínio e na aprendizagem, por servirem como *canalizadores* da atenção dos indivíduos, induzindo-os no direcionamento, construção e/ou comunicação de ideias. Isto está em consonância com o que Ingold (2008) propõe ao se referir à *educação da atenção*. Para Ingold, fazemos alguma *coisa* se tornar presente para *alguém* quando a mostramos para esse *alguém* que, por sua vez, pode aprender diretamente com ela, seja observando-a, ouvindo-a ou sentindo-a. Desse modo, um dos papéis de professores é criar situações e ambientes de ensino para que estudantes possam experimentar as representações químicas apropriadamente.

É nesse cenário que destacamos o uso de MM no Ensino de Química do ES, contexto deste estudo. MM são RE usados em salas de aula de Química que receberam a classificação de objetos mediadores prototípicos, utilizados para representar alguma entidade, amplificada ou reduzida (Oliveira et al., 2019). Neste caso, MM são objetos mediadores prototípicos que representam entidades químicas do nível submicroscópico

(tais como átomos, ligações químicas, elétrons etc.) em estruturas químicas (como moléculas, complexos de coordenação etc.) amplificadas, estabelecendo-se relações analógicas entre a fonte (entidades submicroscópicas) e o alvo (MM). Por isso, neste artigo, focamos na ação mediada por MM no percurso docente de professores universitários de Química. Para isso, destacamos as limitações e as possibilidades reconhecidas pelos professores, em tais ações e as transformações que ocorreram nos seus percursos profissionais, ao longo do tempo. Com esses objetivos em mente, as questões de pesquisa que nortearam este trabalho são: Como se configurou o uso de MM no percurso docente de professores de Química do ES? Como esses professores percebem as limitações e potencialidades desses RE nas suas histórias docentes?

Referencial Teórico

Abordagem sócio-histórica e a ação mediada por RE

Uma abordagem sócio-histórica para o desenvolvimento humano é explicitamente promissora para o entendimento das experiências sociais vividas por indivíduos em um contexto. Nessas experiências, os indivíduos utilizam tanto um sistema de ferramentas quanto um sistema de signos — ou ferramentas psicológicas — que são criados, ao longo da história, causando transformações comportamentais (Vigotski, 1978). Diferente das ferramentas, que são orientadas externamente e estimulam modificações nos objetos, os signos são orientados internamente, e não modificam nada no objeto de uma operação psicológica, pois um signo é um meio de modificar um comportamento, seja próprio ou de uma terceira pessoa. Tal abordagem, segundo Facci (2004), considera que *a subjetividade é formada por sujeitos concretos que, apesar da singularidade, são ao mesmo tempo constituídos social e historicamente* (p. 60). Além disso, qualquer experiência social pode ser considerada em sua forma direta, na medida em que as pessoas interagem e apoiam umas às outras, e em suas formas indiretas, nas ferramentas, símbolos e valores que influenciam a ação humana (Gauvain, 2001).

Uma asserção fundamental de Vigotski (2010) é que os processos mentais podem ser entendidos se compreendermos as ferramentas e signos que os medeiam, ou seja, a mediação. Tais ferramentas e signos são entendidos, portanto, como meios mediacionais que apoiam nossas práticas, permitindo que dominemos e controlemos nossas próprias funções mentais.

Em contextos educacionais, uma melhor compreensão da mediação pode ocorrer ao se examinar a construção de significados e a produção de sentidos em relação ao uso de RE, visto que qualquer prática é sempre sobre *algo* e orientada para *alguém* (Maton, 2013). A partir da perspectiva sócio-histórica, Wertsch (1998) amplia essa visão sobre a prática ao apresentar a Teoria da Ação Mediada que parte da propriedade de que em qualquer ação, há uma *tensão irreduzível* entre agente e meio mediacional empregado por ele. Nessa perspectiva e a partir do delineamento de outras nove propriedades, Wertsch considera a *agência* uma unidade de análise, ou seja, essa unidade é um *sujeito-*

agindo-com-meios-mediacionais (Wertsch, 1998, p. 26). Isso situa, além dos sujeitos, os meios mediacionais em contextos culturais, institucionais e históricos nos quais ações mediadas ocorrem (Wertsch, 1991; 1998). Interpretamos essa unidade salientando que, em uma ação mediada, não há como elencar habilidades do sujeito que age sem considerar as qualidades dos recursos que são usados por ele e vice-versa. Nesse sentido, exclui-se qualquer tendência em focar apenas no agente ou nos meios mediacionais isoladamente, fato que levaria a uma análise parcial de processos mediados.

Outras propriedades da ação mediada são igualmente relevantes para esta pesquisa. Uma delas salienta as *limitações e potencialidades inerentes a quaisquer meios mediacionais* com a qual Wertsch (1998) enfatiza que qualquer meio mediacional tanto potencializa a ação, em alguns aspectos, quanto a limita, em outros. Isto está enraizado nas considerações de Gibson (1986) sobre as *affordances* das ferramentas culturais, ou seja, que ferramentas são capazes de influir em uma ação, seja facilitando, seja dificultando determinada tarefa. Com esta propriedade, Wertsch rompe com o tradicionalismo visto no campo de estudos sobre a Mediação que a considera apenas como *algo* positivo, ou seja, uma forma de habilitar ou capacitar um sujeito na ação (MacDonald, 2006). Desse modo, Wertsch (1998) considera o caráter dual da mediação, de modo que ela seja interpretada também a partir de uma *característica compensatória, embora igualmente inerente, dos meios mediacionais — a saber, que eles tanto possibilitam quanto limitam as formas de ação que empreendemos* (p. 39). Além disso, *mesmo que uma nova ferramenta cultural nos liberte de algumas perspectivas limitantes anteriores, ela introduz novas e próprias [limitações] à ação mediada* (p. 39), aspecto ressaltado na afirmação de que a introdução de novos e diferentes meios mediacionais nas ações causam nelas transformações, outra propriedade da ação mediada. Isso sugere que, independentemente de como possamos conceber esse processo, é provável que descubramos que tais *affordances* são percebidas quando se comparam ações mediadas por diferentes RE, em retrospecto, ou contrastando-se processos mediados pelo mesmo RE tanto no passado quanto no presente. Isto gera um tipo de desequilíbrio na organização sistêmica da ação mediada, capaz de desencadear mudanças tanto nos modos de agir quanto nos indivíduos que agem. Tais transformações podem advir ora de alterações nas propriedades materiais desses meios mediacionais ora de habilidades dos indivíduos em usá-las (Wertsch, 1998).

A afirmação de que a ação mediada é *historicamente situada em caminhos evolutivos* é outra propriedade apontada por Wertsch (1998) que está enraizada nas considerações de Vigotski (1978) sobre o funcionamento cognitivo. Segundo este autor, tal funcionamento só pode ser compreendido investigando-se os processos sociais e culturais a partir dos quais ele se desenvolve. Por isso, é importante compreender o comportamento individual voltando-se para sua origem e evolução (Wertsch, 1998). Darsie e Carvalho (1996) relacionam essas considerações vigotskianas com o campo educacional ao considerarem que práticas e experiências docentes do passado devem ser investigadas para que lancemos luz sobre como elas se transformam ao longo do

tempo, algo que é potencialmente positivo para a melhoria da atuação profissional. Para tanto, situar a agência em um referente temporal é, por essência, considerar que formas de ação mediada têm um passado peculiar sofrendo paulatinamente transformações ao longo tempo (Wertsch, 1998). Por exemplo, ao longo de sua história profissional um professor vai acumulando uma série de experiências relacionadas ao uso de RE (Mortimer & Quadros, 2018). Essa história pode ser entendida como constituída por um dos saberes que o professor mobiliza na comunicação (Tardif et al., 1991), profundamente ligado ao *saber fazer* (Hodson, 1992). Por isso, significados de quaisquer RE são sempre entrelaçados com os significados que produzem, o que é parte da produção de sentidos (Jewitt, 2011).

Ao buscar compreender melhor essas transformações no caminho evolutivo de uma professora de Química Orgânica do ES, Oliveira & Mortimer (2020) focalizaram atenção na ação mediada por RE usados por ela em salas de aula. Primeiramente, os autores acompanharam suas aulas e observaram quais RE ela utilizava para ensinar e, a partir disto, a entrevistaram buscando desvelar como se constituiu a história do uso de tais RE. Como principais resultados, eles observaram que cada RE teve um percurso de transformação peculiar na história docente da professora; que alguns RE emergiram a partir da percepção de dificuldades de estudantes ou para facilitar o ensino de conteúdos; que ela se tornou mais hábil em utilizar alguns recursos frente a outros; que alguns RE se tornaram obsoletos, o que exigiu dela introduzir novos meios mediacionais nas suas ações; e que ela reconhecia nesses RE limitações e potencialidades específicas no contexto de ensino de Química Orgânica. Este estudo estava em consonância com aspectos da Teoria da Ação Mediada (Wertsch, 1998).

Representações no Ensino de Química

Para definirmos representações, tomaremos alguns princípios que circulam na literatura sociocultural. Vera John-Steiner (1991, 1995), sustenta dois princípios básicos derivados de uma abordagem sociocultural: primeiro, que existem múltiplos meios semióticos para expressar entendimentos de conceitos, sendo a linguagem um dos meios primários, mas não o único; segundo, os meios semióticos são baseados em práticas culturais. John-Steiner leva em conta diferentes ideias para abordar as representações: primeiro, que uma representação ou sistema de representações deve ser abordado em termos de significados que uma pessoa produz em eventos em sua experiência (Bruner, 1973); segundo, que as ligações entre as formas externas dos sistemas simbólicos e os códigos internos devem ser reconhecidas, pois os aspectos internos do pensamento estão ligados às práticas culturais (Arendt, 1977); terceiro, que as representações mentais podem ser conceituadas como atividades que envolvem contribuições ativas e dinâmicas dos indivíduos, seus parceiros sociais, tradições históricas, materiais e suas transformações (Rogoff et al., 1993); e, finalmente, que a noção de representação, em uma explicação cognitivista da aquisição de conhecimento, pode ser contrastada com uma ênfase na aprendizagem como participação crescente em comunidades de prática

(Lave & Wenger, 1991). Nas Ciências, o uso de representações (fotografias, diagramas, fórmulas, modelos etc.) possibilita a cientistas representar fenômenos complexos, não observáveis, de variadas maneiras e comunicá-los entre os pares e com a sociedade. Por exemplo, Silva (2012) afirma que a Química é uma área das Ciências que faz uso constante e recorrente de representações.

No campo de Educação em Ciências, pesquisadores vêm concentrando esforços para melhor compreender o papel de professores e de representações usadas em salas de aula e a aprendizagem de estudantes em interação com esses professores e, também, fazendo uso dessas representações (Evagorou et al., 2015). Contudo, pesquisas sobre representações nesse campo têm focado principalmente na influência de representações como representação da realidade (Morrison & Morgan, 1999), ao invés de representações como objetos de pensamento para a construção de sentidos (Knuuttila, 2005).

O ensino de Química, mesmo para professores inexperientes, parece inconcebível sem o uso de representações. Segundo Kozma e colaboradores (2000), esta prática está no centro de grande parte da construção de conhecimentos químicos. As representações empregadas no currículo de Química podem apoiar o pensamento e o raciocínio sobre as relações espaciais de estruturas químicas, como moléculas, compostos iônicos ou complexos organometálicos metálicos, e interações entre essas estruturas (Wu & Shah, 2004). Esse apoio é mais evidenciado quando o foco está na configuração geométrica/espacial de compostos químicos, aspectos que influenciam na reatividade, propriedades e interação deles com outros compostos. Nesse sentido, sem as representações, químicos perdem a capacidade de (ou têm dificuldade para) construir e comunicar o conhecimento a outros. Diante desse desafio, Stull e colaboradores (2012) afirmam que representações são essenciais em todos os níveis do ensino de Química, por isso, seu uso é uma importante estratégia de ensino.

Destacamos que representações têm uma importância especial no contexto de disciplinas de Química do ES nas quais o conhecimento químico se torna mais especializado, contexto no qual estudantes precisam dominar e se apropriar de conhecimentos químicos mais aprofundados. Tal domínio se faz mais necessário quando graduandos avançam nos cursos, o que exige deles conhecimentos de novas e diversas representações, uma forma de relacioná-las com representações mais complexas e a tradução de representações recém-aprendidas em significados a serem aprendidos.

Alguns dos RE bastante usados na Química do ES são os MM (Oliveira et al., 2019; Oliveira & Mortimer, 2020), objetos mediadores prototípicos com potenciais características materiais e semióticas. Sendo os MM do tipo bola e os do tipo bola-vareta os mais comumente usados no ensino de Química, suas propriedades materiais auxiliam, por exemplo, na representação de entidades químicas submicroscópicas como átomos, suas posições nos compostos, disposições de ligações químicas nas estruturas e as possíveis geometrias que esses compostos podem assumir. No campo semiótico, suas qualidades podem auxiliar, por exemplo, na representação das mais diversas substâncias e, a partir disso, contribuir para previsões sobre reatividade, propriedades

físico-químicas e interações entre elas. MM apresentam ampla significância na Química, principalmente por apresentar vantagens nos processos de ensino e aprendizagem frente a outras representações. Suas potencialidades são ainda mais realçadas quando o que se comunica depende de conhecimentos químicos que são adquiridos a partir de representações de partículas submicroscópicas.

Há, na literatura, estudos sobre o uso de MM por professores em aulas de Química do ES. Alguns deles relacionaram o uso de gestos por professores de Química quando utilizavam MM para ensinar conteúdos. Por exemplo, McNeill e Levy (1982) constaram o estreito relacionamento entre a forma de gestos feitos por professores e a organização de enunciados quando eles simulavam a disposição de átomos em MM, desse modo, direcionando a observação de estudantes. Pereira e colaboradores (2015b) também observaram que, durante o compartilhamento de significados com graduandos, uma professora de Química Orgânica realizava gestos recorrentes em conjunto com MM do tipo bola-vareta. Esses gestos significavam sentidos de movimentos no MM que estudantes deveriam fazer para aprender a dar nomes aos enantiômeros, algo bastante complicado de se fazer sem MM ou apenas com representações em duas dimensões (2D). Tais autores consideraram que, nas ações, o MM era um RE importante que dava suporte à explicação, escolhido por apresentar o menor nível de abstração da representação de estereocentros das moléculas, sendo eles essenciais para colocar em circulação o *saber fazer* químico na sala de aula.

Quadros e colaboradores (2018a) investigaram o uso de MM uma professora de Química Orgânica e as relações pedagógicas estabelecidas por ela ao ensinar Estereoquímica. Ao utilizar o MM para representar moléculas orgânicas, ela estabeleceu relações analógicas entre ele e um livro que estava sobre sua mesa, visto que os estudantes não estavam compreendendo a presença de um ângulo diedro no MM, importante para o entendimento do conceito que ela abordava. Em um estudo semelhante, Quadros e colaboradores (2018b), chamaram a atenção para o uso de relações pedagógicas de continuidade tipo *macro* por outra professora da mesma disciplina, ao ensinar estudantes como compreender a projeção de Fischer, representada por MM, em objetos em três dimensões (3D) e a transitar entre representações em 2D (por exemplo, desenhadas no caderno) e 3D. Tais relações pedagógicas surgiram quando ela lembrou aos estudantes do uso de MM em disciplinas de Química que eles cursaram em períodos anteriores do curso. Uma análise mais geral da performance da professora junto ao MM apontou que a integração deste objeto a outras representações (por exemplo, desenhos no quadro de giz) buscava dar significado ao conteúdo, cujo grau de abstração é grande, o que resultou na melhoria da comunicação com os estudantes.

Oliveira e colaboradores (2019) investigaram transformações da ação mediada a partir de ressignificações de RE produzidas por quatro professores, sendo que três deles manipulavam MM complementando-os com outros objetos. Segundo esses autores, processos de ressignificação de meios mediacionais têm por base a noção de *spin-off* (Wertsch, 1998), uma das propriedades da ação mediada, e pode ser caracterizada como

uma mudança nas funções que esses meios assumem em ações específicas. Na pesquisa, eles observaram que a complementação de MM com objetos ressignificados (folhas de caderno, livro e pedaços de fita adesiva) ampliava as possibilidades de ressignificação dos próprios MM, uma vez que as complementações deles com outros objetos parecia reduzir limitações representacionais inerentes a eles.

Todos os trabalhos que encontramos na literatura e que relatamos nesta pesquisa focaram no uso de MM nas salas de aula de Química. Em nenhum deles, a história do uso de MM foi o objeto de estudo. Mediante essas constatações, sentimos a necessidade de compreender como o relato sócio-histórico da unidade professor-MM se caracteriza dentro de caminhos evolutivos nas ações mediadas.

Metodologia

Esta pesquisa é um recorte de uma pesquisa mais ampla, aprovada pelo comitê de ética de pesquisas em Ciências Humanas, na qual Oliveira (2018), orientado pelo segundo autor deste artigo, buscou investigar como professores universitários de Química utilizavam RE em suas aulas, à luz da Teoria da Ação Mediada. Nessa pesquisa, escolhemos e convidamos dez professores de Química da instituição aleatoriamente, sem nenhum critério prévio e, com o aceite da proposta de participação na pesquisa, planejamos cronograma de filmagens. Assim, conseguimos colaboração de dois professores de cada uma das cinco disciplinas básicas da Química (Química Geral, Química Orgânica I, Química Inorgânica I, Físico-química I e Fundamentos de Química Analítica), em cursos variados de Ciências Naturais de uma Universidade Federal (UF). Optamos por escolher professores dessas disciplinas com o intuito de observar como professores utilizavam RE em disciplinas nas quais os conceitos mais básicos da Química eram ensinados no ES.

No contexto de coleta de dados, registramos aulas geminadas desses professores, ministradas na UF. Isso porque buscamos acompanhar o ensino completo de um tema químico por cada professor. Na pesquisa ampla, analisamos todas as aulas com o intuito de compreender como eles utilizavam RE para compartilhar significados com graduandos em contextos específicos de ensino de Química. Além disso, foram realizadas entrevistas, mais detalhadas, com cada um dos professores para que fossem reconstruídas as histórias do uso de cada RE que emergiu da prática real em sala de aula. Essa explicação inicial é importante para situarmos o leitor sobre o contexto analítico deste trabalho. Assim, é a partir dessas entrevistas que fizemos recortes de dados para este artigo.

Entrevistas realizadas com os professores de Química

Como mencionamos, foram realizadas entrevistas com dez professores de Química do ES que tiveram suas aulas analisadas. Para isto, o primeiro autor elaborou as perguntas, construindo um primeiro roteiro de entrevista. Após isto, o segundo autor, de posse do roteiro, discutiu e reformulou junto ao primeiro autor alguns itens de modo

a torná-los mais consistentes com o contexto e com os propósitos. Em conjunto, os autores deste estudo revisaram os itens, alterando o roteiro para que este se tornasse mais claro. Após isto, os itens foram discutidos com integrantes do nosso grupo de pesquisa, constituído por professores universitários e estudantes de Graduação e Pós-Graduação em Educação em Ciências, o que resultou em uma segunda reformulação.

O roteiro final apresentou características de uma entrevista semiestruturada e de entrevistas de narrativa. Schütze (1983) explica que entrevistas de narrativa são elaboradas de forma que a história narrada pelos entrevistados seja orientada para a obtenção de informações específicas. Além disso, com elas, busca-se reproduzir em detalhes as estruturas que orientam as ações dos informantes sem reconstruir, contudo, a sua história de vida em todos os detalhes. Por isso, destacamos que nos relatos de fatos vividos por um indivíduo, a narrativa não é a verdade literal de fatos, mas a representação que deles faz o indivíduo (Cunha, 1997). Utilizar esse tipo de estrutura de entrevistas foi importante para registrarmos aspectos que só podem ser acessados a partir da história contada pelos sujeitos. Além disso, as entrevistas de narrativa contribuíram para que os professores se sentissem mais à vontade para apresentar seus relatos, visto que elas não apresentaram a rigidez imposta por entrevistas do tipo estruturadas. Além disso, como estratégia de validação do instrumento, o roteiro de entrevista final, constituído por 12 perguntas, foi aplicado a dois professores universitários de Biologia da área de Educação em Ciências da UF, demonstrando adequação aos nossos propósitos.

Para a realização das entrevistas, um dos autores deste artigo se dirigiu aos gabinetes dos professores em dias e horários pré-agendados, munido com uma câmera filmadora, um gravador portátil e um tripé, constituindo um aparato para registro de áudio e vídeo. Nos gabinetes, tal aparato buscou registrar a fala e os movimentos corporais do professor e foi importante para que o armazenamento dos dados ocorresse em dois recursos de gravação distintos. Isto nos deu maior tranquilidade com a produção dos dados, visto que os registros estariam armazenados em dois equipamentos, o que diminuía a chance de problemas por perda de dados.

No momento da entrevista com os professores, foi mantido um padrão nas perguntas, para que as respostas pudessem ser comparadas, correlacionadas e avaliadas. Para complementar a aquisição de informações, perguntávamos aos professores sobre algum aspecto específico (se houvesse), observado na etapa de visualização das aulas videogravadas. Por exemplo, uma das professoras investigadas usou o MM complementando-o com outros recursos sem funções pedagógicas (Oliveira et al., 2019) disponíveis no ambiente da sala de aula. Por ser uma ação idiossincrática e exclusiva da prática dessa professora, frente aos outros, no momento da entrevista, perguntamos a ela aspectos dessa estratégia e de como ela se configurou historicamente em sua prática docente. Perguntas com a mesma finalidade fizeram parte dos itens diferenciadores entre uma entrevista e outra, pois objetivávamos compreender melhor algumas ações específicas e idiossincráticas realizadas por alguns professores nas aulas. Após a realização das entrevistas com cada professor, transferimos os arquivos para nosso banco de dados e selecionamos os registros daqueles que utilizaram MM em suas aulas.

Seleção das entrevistas de professores que usaram MM em suas aulas

Dos dez professores investigados, seis utilizaram MM em suas aulas. Com esta constatação, delimitamos os sujeitos de pesquisa. A partir disso, selecionamos as aulas desses seis professores e as assistimos para compreendermos melhor como ocorria o uso de MM em suas aulas². Em seguida, selecionamos as entrevistas realizadas com os seis professores e realizamos a transcrição acrescida de códigos para demarcar as falas³ tanto dos professores quanto a do entrevistador, em arquivos *Word*, para que pudéssemos analisar suas falas e estabelecermos relacionamentos entre elas.

Na Figura 1, caracterizamos o perfil geral dos seis professores, atribuindo a eles nomes fictícios, para mantermos suas identidades no anonimato. A partir disso, direcionamos nosso foco para os dados coletados nas entrevistas.

Figura 1. Informações gerais sobre os professores

Disciplina	Docente	Tempo de docência (em anos)	Formação acadêmica em Química	Percurso profissional (em anos)
Química Geral	Paulo	11	Licenciado, Mestre e Doutor	Foi professor substituto (2), voluntário (1) e efetivo (2) em outra UF. É professor da UF (6).
	Daiane	7	Licenciada, Mestre e Doutora	Foi professora substituta num Colégio Técnico Federal (CTF) (1). É professora da UF (6).
Química Orgânica I	Aline	22	Licenciada, Bacharel, Mestre e Doutora.	Foi professora no Ensino Médio (5). É professora da UF (17).
	Rosa	17	Bacharel, Mestre e Doutora	Foi professora de uma Faculdade Particular (3). É professora da UF (14).
Química Inorgânica I	Mateus	37	Licenciado, Bacharel, Mestre e Doutor	Foi professor no Ensino Médio (2). É professor da UF (35).
	Márcia	11	Bacharel, Mestre e Doutora	Foi professora no Ensino Médio (3). É professora da UF (8).

Com a descrição das entrevistas codificadas em mãos, relemos seu conteúdo para que tivéssemos certeza de que aqueles que utilizaram MM nas aulas também fizeram relatos sobre o uso desse RE em seus percursos docentes. Isto nos auxiliou a validar as

2 Salientamos que essa estratégia de uso de MM partiu unicamente das intenções dos professores e que não houve direcionamento por nossa parte para esse uso, ou seja, nós não preparamos os professores investigados para lidar com um ou com outro tipo de RE nas suas aulas.

3 Para a transcrição, usamos um código simplificado para registrar pontuações, uma vez que elas não existem na linguagem oral, mas têm alguns correspondentes. Para indicar uma mudança no tom, indicativo de uma pergunta, de um ponto final ou uma exclamação, indicados pela entonação da fala, utilizamos o ponto de interrogação (?), o ponto final (.) e o ponto de exclamação (!). Esses sinais são, portanto, inferências dos pesquisadores. Os comentários para situar algum aspecto do contexto, estão sinalizados por parênteses duplos ((comentário)). Para indicar pausas na fala usamos a barra / (Buty & Mortimer, 2008). Para indicar trechos retirados da fala dos professores que não tinham relação com as perguntas, utilizamos o sinal [...].

informações por eles apresentadas⁴. Em sequência, selecionamos os trechos em que os professores explicitavam situações experienciadas na prática, nas quais MM eram os objetos centrais. Tais relatos deram origem a três categorias de relatos (Oliveira, 2018), a saber: (i) MM e formação acadêmica; (ii) história do uso de MM e; (iii) limitações e potencialidades de MM no ensino de Química.

Breve contexto instrucional de ensino dos professores

No contexto desta pesquisa, os professores de Química Geral, Paulo e Daiane, ensinavam Geometria Molecular. As professoras de Química Orgânica I, Aline e Rosa, ensinavam Estereoquímica. Por fim, os professores de Química Inorgânica I, Mateus e Márcia, ensinavam Introdução ao Estudo de Complexos de Coordenação. Esses três conteúdos químicos apresentam especificidades conceituais relacionadas à disposição de átomos em estruturas químicas, como moléculas (tais como moléculas orgânicas) e compostos inorgânicos (tais como complexos inorgânicos). Além do uso de MM, todos eles usaram o recurso quadro de giz, quase todos (com exceção de Aline) usaram projetores multimídia, alguns (Paulo, Daiane e Mateus) usaram recursos complementares (como pasta, folha e pedaços de fita crepe, respectivamente) aos modelos. Apenas Paulo usou programas de simulação de compostos químicos projetados por um projetor multimídia em uma tela. Essas informações são importantes porque, em alguns momentos das entrevistas, os professores se referiram não somente ao uso de MM, mas a conjuntos de RE juntos ao MM. Diante desse cenário, selecionamos os trechos transcritos das entrevistas em que o MM era o assunto central.

Resultados e Discussão

Começamos por remontar os aspectos históricos da ação mediada por MM na trajetória docente dos professores de Química do ES⁵.

Caminhos evolutivos: História do uso do MM na carreira docente dos professores de Química do ES

Investigamos como e quando os professores começaram a utilizar MM em suas carreiras docentes para compartilhar significados com estudantes. Além disso, solicitamos que eles refletissem sobre como o uso desse RE foi se desenvolvendo e se modificando, ao longo do tempo.

Paulo e Daiane nos deram relatos semelhantes sobre esse processo nas aulas de Química Geral.

4 Por exemplo, um professor de Físico-Química I nos disse, durante a entrevista, que usava MM nas suas aulas no contexto de Ensino Médio e em cursos pré-vestibulares, dando detalhes sobre esse uso. Porém, essa estratégia não foi observada no contexto de suas aulas do ES que acompanhamos. Por isso, optamos por não utilizar dados deste professor neste artigo.

5 Novamente, destacamos que as narrativas dos professores emergiram a partir de suas percepções sobre suas experiências de vida. Dessa maneira, os relatos orais apresentam pontos de vista individuais. Porém, concordamos com Fernandes (2004) que os valores e vivências comuns a um meio social se apresentam nos significados atribuídos aos indivíduos, aos acontecimentos e aos objetos que emergem das memórias.

Modelos / era muito difícil usar / eu levar modelos / mas aí / por que que eu comecei a trazer isso? Principalmente quando eu entrei lá na UF⁶ ((em 2009)) e dependendo do curso que você começa a dar aula / o nível dos estudantes é muito diferente. Aí eu me lembro claramente. A primeira turma que eu peguei lá foi oitenta por cento de reprovação. Ai / eu falei assim / a culpa não é só deles [...]. Então eu comecei a repensar as aulas e trazer isso exatamente para tentar facilitar / porque aquela coisa é [...] meio abstrata / muito difícil / a gente não vê nada / digamos assim. Então / acaba que esses modelos ajudam pra que os estudantes enxerguem um pouco melhor. [...] Então / depois dessa experiência [...] eu comecei a trazer / mais ((os modelos)) para a aula porque eu vi que aquilo de certa forma ajudava. [...] No início / eu levava tudo para ser montado na sala / aí / eu vi que o tempo que eu gastava para montar uma determinada molécula / ou esquematizar uma determinada geometria / era o tempo em que o estudante ficava batendo papo / conversando. [...] Então hoje / eu já levo tudo montado [...] até para aproveitar melhor meu tempo de aula. [...] Às vezes / eu via que um estudante / lá na frente ficava pegando o modelo e mexendo. Então / esse semestre ((da mudança)) eu fiz diferente. Eu montava duas ou três ((estruturas)) e distribuía para ir passando na sala. (Paulo)

No começo [...] era projeção e giz / era só / eu não usava nenhum outro material. [...] e não me lembro / se foi no segundo ou terceiro semestre. [...] No começo ((da carreira)) / eu não tinha modelo / então eu pegava emprestado com um professor. Eu comecei a usar modelinho com bolas de isopor que / na verdade [...] eu dei isso como atividade pra que os estudantes fizessem seus próprios modelos. [...] Então / eu acho que fiz ((isso)) uns dois ou três semestres por causa dessa turma em específico / que eles tinham muitas dificuldades. Teve um semestre na turma de Farmácia que eu cheguei a usar balões para mostrar as geometrias / porque eles tinham muitas dificuldades de visualizar a hibridização / as diferentes geometrias. Então / eu levei um para cada tipo de geometria / pra gente discutir ficaria mais fácil [...] acho que funcionou. [...] Foi no segundo semestre ((que comecei a usar modelos)). [...] Desde lá eu venho usando / mesmo que eu não uso a bolinha de isopor com palitinho com eles fazendo. [...] Eu tento sempre usar mais porque eu acho que o estudante é muito visual. (Daiane)

Rosa e Aline também nos contaram como introduziram MM em suas aulas. Rosa fez uma reflexão a partir do uso de diferentes RE até chegar ao MM, enquanto Aline direcionou suas reflexões para o modo como usava esse RE no início da carreira e as mudanças que ocorreram a partir disso.

Gosto de quadro de giz / depois eu fui montando essas aulas na transparência ((do retroprojeto)) / porque aí / a escola falou que tinha o recurso de multimídia. Então / eu comecei a passar tudo aquilo para a multimídia [...]. Mas eu percebia

⁶ Uma UF do Nordeste do Brasil.

que se você só projetasse / o estudante não ia saber desenhar / então [...] vamos passar para uma estrutura tridimensional / Peguei o modelinho [...]. Então / foi uma construção / mas não teve um planejamento / foi à medida que foram aparecendo / surgindo os recursos. No início da carreira / eu não usava muito porque eles não são baratos [...] era caro comprar. Então você se adaptava com [...] umas canetinhas / mas aí / quando a gente vai realmente dar aula com esses modelos / você vê que é muito mais interessante. Então / o que é que eu fiz / vou tentar adquirir uma quantidade maior ((deles)) pra ver se todos os estudantes conseguem ter [...] naquele momento / porque se eu ficar só mostrando / e eles só olhando / não vai ((funcionar)). Então / eu tento hoje / fazer grupinhos / pode ser que a gente não tenha ((modelos)) para todos / mas faço grupo pequeno pra que todo mundo consiga pegar / segurar / manusear. Mas / no primeiro momento / quando eu comecei a dar aula / que [...] tinha só um modelo / mostrar isso com o modelo ou mostrar no quadro é a mesma coisa [...] Mas / o que eu sempre tentava buscar para os estudantes / eram os MM. O que adaptou com o tempo foi quais tipos de modelos usar. (Rosa)

Eu sempre utilizei o modelo. Eu acho que eu usava menos ((no início)). Sempre usei porque eu acho que é uma ferramenta fundamental. Às vezes eu usava muito lá na frente ((no final das aulas)) / agora / ((uso)) muito ao longo do tempo / eu fui [...] modificando / tentando levar e dividir em grupos e ver que / enquanto eu explicava / eles tinham que ter ((os modelos)) na mão / para enxergar o que está acontecendo / porque eu achava que funcionava melhor [...]. Eu tento sempre arrumar ((modelos)) para distribuir para que eles mexam / ou pelo menos para que o estudante só de ver um tetraédrico direitinho / para falar se é sp^3 ⁷. (Aline)

Márcia e Mateus também disseram sobre o uso do MM em seus percursos docentes. Márcia explicou mais detalhadamente as origens e as mudanças do uso desse RE, apontando relações entre diferentes disciplinas que lecionava.

No início da carreira / eu usava mais era o quadro. Modelo eu quase não usava / mas também / assim / porque as aulas que eu dava no CTF eram de ((Química)) Analítica Quantitativa. Então / eu precisava muito de quadro para fazer muito cálculo. E aí / eu vim para cá ((para a UF)). Então / o modelo eu considero que eu uso ((hoje)) / eu uso o modelo mais na aula de Geometria / Isomeria / só porque / não sei / eu acho que são as aulas que mais precisam do modelo / né? (Márcia)

Mateus foi o único professor que afirmou que não percebe mudanças significativas na sua ação com o objeto. Segundo ele *se houve foram poucas / praticamente é o mesmo padrão ((de antes))*.

Analisando esse conjunto de informações, observamos que Paulo, Daiane, Rosa e Márcia explicitaram que, no início da carreira, eles não utilizavam MM. Paulo justificou dizendo que achava difícil usar MM, Daiane não usava porque não tinha e Rosa porque

⁷ Tipo de hibridização de um carbono tetraédrico (faz ligações simples com quatro átomos iguais).

MM eram muito caros. Aline explicitou que usava MM desde o início da carreira, porém, esse uso era reduzido, vistas as especificidades das aulas que ministrava: “*no início da carreira / eu usava mais era o quadro*”. Mateus, por sua vez, não indicou detalhes sobre o uso de MM no início da carreira.

Os entrevistados também deram informações sobre como introduziram MM em suas aulas. Paulo relatou que a introdução de MM nas suas aulas foi motivada a partir da reprovação de 80% de uma de suas turmas. Ao refletir sobre isto, Paulo se sentiu corresponsável por esse resultado e passou a repensar a prática, o que causou essa transformação na ação mediada, com a incorporação de MM ao conjunto de RE que utilizava. Essa era uma das soluções encontradas por ele para diminuir o problema *porque eu vi que aquilo de certa forma ajudava*. Um detalhe, destacado por ele, era que os MM eram levados desmontados e ele montava as estruturas químicas de interesse durante as aulas. Contudo, observou que isto não era efetivo porque *o tempo que eu gastava para montar uma determinada molécula/ou esquematizar uma determinada geometria / era o tempo em que o estudante ficava batendo papo / conversando*. Por isso, outra transformação na ação mediada por MM foi demarcada em seu percurso docente quando passou a levar as estruturas já montadas para as aulas, distribuindo-as para os graduandos, o que ampliava o tempo de explicação de conceitos.

Daiane relatou que o uso de MM começou após o segundo semestre em que lecionava. Por não ter MM, ela pegava emprestado com um professor e os usava para ensinar. Uma transformação da ação mediada por MM foi quando ela incentivou estudantes com dificuldades a construir seus próprios modelos, feitos de isopor e palitos. Ela disse também que já utilizou balões em um processo de ressignificação desses recursos, usando-os em conjunto com o MM.

Rosa relatou que começou a usar MM quando sentiu a necessidade de introduzir objetos com estruturas em 3D nas suas aulas. Além disso, ela afirmou que tal introdução não fora planejada. Por achá-los caros, Rosa utilizava canetas, normalmente usadas para escrever, analogicamente às ligações químicas representadas por varetas nos MM, dando a elas *status* de MM. Com isto, ela conseguia representar moléculas e ensinar, demonstrando-as aos estudantes. Ao adquirir seus próprios MM e levar também para estudantes utilizarem, houve uma transformação na ação mediada por MM, evidenciado quando Rosa afirmou que, quando *a gente vai realmente dar aula com esses modelos / você vê que é muito mais interessante*. Esta prática se estabilizou e continua sendo realizada por ela atualmente para que, em grupos, o estudante *consiga pegar/segurar/manusear. O que adaptou com o tempo foi quais tipos de modelos usar*.

Márcia relatou que quase não usava MM no início da carreira docente porque, neste contexto, era professora de Química Analítica Quantitativa que trata principalmente de aspectos quantitativos da Química. Isso envolve principalmente estratégias de cálculos de soluções e concentrações de substâncias, o que exige do professor a mobilização de RE (como o quadro de giz ou projeções em tela) que o auxiliem nessas tarefas. Somente quando assumiu aulas na Química Inorgânica é que Márcia sentiu a necessidade de usar

MM, vistas as especificidades de alguns conteúdos químicos desta área (por exemplo, Geometria e Isomeria) e a necessidade de promover a *visualização* de complexos de coordenação. Marcia exemplificou isto ao dizer que usa *o modelo mais na aula de Geometria / Isomeria / só porque / não sei / eu acho que são as aulas que mais precisam do modelo / né?* Essas situações condicionam, em certo grau, o professor na mobilização de RE que facilitem a comunicação com os estudantes, o que, segundo Maton e Chen (2017), se relaciona à dimensão de especialização do conhecimento que parte da premissa de que toda prática é intencionada para algo e por alguém. Esses autores explicam que essa dimensão auxilia a distinguir relações epistêmicas entre o conhecimento e seus objetos de estudo e as relações sociais entre o conhecimento e seus sujeitos (conhecedor e aprendiz). Isto pode ser traduzido a partir do relato de Márcia, visto que ela (conhecedor) considera que o uso de MM é essencial para ensinar Geometria e Isomeria de complexos inorgânicos (objeto de estudo), a estudantes (aprendizes) no contexto de sala de aula.

Diferentemente desses professores, Aline afirmou usar MM desde o início da carreira. Sua justificativa para isso foi por sempre considerá-los fundamentais no ensino de Química. Contudo, no início, usava MM com menor frequência e mais ao final das aulas, o que indica que esse uso tinha o objetivo de confirmar conceitos anteriormente discutidos a partir de representações contidas em livros didáticos ou desenhadas no quadro de giz. A ação mediada por MM sofreu uma transformação na sua carreira docente quando ela passou a utilizá-los ao longo das aulas, transformação corroborada na afirmação de que ela foi *modificando / tentando levar e dividir em grupos e ver que / enquanto eu explicava / eles tinham que ter ((os modelos)) na mão / para enxergar o que está acontecendo / porque eu achava que funcionava melhor.*

Há alguns pontos interessantes a se destacar neste tópico. Um deles foi a observação de que caminhos evolutivos na ação mediada por MM são idiossincráticos, típicos de cada professor. Mesmo que algumas situações tenham sido semelhantes, por exemplo quase todos não usavam MM no início da carreira, os motivos para isto eram variados. Além disto a introdução de MM nas práticas docentes dos professores emergiu de situações sócio-históricas diferentes, por exemplo, a partir de alto índice de reprovação de estudantes; das dificuldades de estudantes em aprender; da necessidade de abordar conceitos químicos a partir de representações em 3D; e por mudar de área de conhecimento químico. Por exemplo, na história docente de Paulo e Daiane, a preocupação com a aprendizagem dos estudantes universitários e sua relação com a necessidade de incorporar MM nas aulas demarcam a origem sócio-histórica desse uso. Para a tomada de decisão sobre o que e como usar, notamos que eles não consideram todos os estudantes com o mesmo grau de entendimento, isto é, eles consideram que cada turma possui especificidades e diferentes graus de dificuldades na aprendizagem. Identificado o grau de dificuldade dos estudantes, eles buscaram diminuí-las introduzindo MM, como era possível, em suas aulas. Para aqueles que sempre usaram, no caso de Aline, isso foi como uma tomada de consciência que MM eram imprescindíveis para o ensino de Química. Por outro lado, observamos também que há situações nas quais esse uso se mantém estabilizado desde o início da carreira, salientado pelo experiente professor Mateus, com quase 40 anos de docência.

Outro ponto interessante diz respeito às transformações da ação mediada na história docente desses professores. Observamos que pontos de transformação também são idiossincráticos e dependentes dos contextos de ensino, nos quais cada professor se insere. Destacamos, pois, aspectos institucionais, momentos históricos e sujeitos envolvidos, além de especificidades do conhecimento químico para que isso ocorra. Por exemplo, ao sentir-se corresponsável pelo mau resultado de estudantes, Paulo introduziu MM em suas aulas e além disto, para ganhar tempo nas aulas, passou a levá-los montados. Márcia transformou a dinâmica de suas aulas ao solicitar que estudantes produzissem seus próprios MM a partir de objetos usados no cotidiano.

Na prática de Rosa com MM, uma transformação na ação mediada significativa ocorreu quando ela passou a disponibilizar MM para que estudantes os manipulassem. Isto gerou uma mudança nos modos como ela ensinava e como os estudantes se comportavam nas aulas. Por sua vez, nas aulas de Márcia, a transformação da ação mediada por MM foi motivada a partir da mudança de contexto de ensino. Neste caso, ensinar Química a partir de fórmulas e cálculos não exigia dela o uso de MM, situação que mudou quando ela passou a lidar com conceitos químicos que necessitavam de noções espaciais de estruturas de compostos. Por fim, na história de Aline, uma transformação da ação mediada ocorreu a partir do momento que ela passou a usar MM com maior frequência e no decorrer de suas aulas, ao invés de utilizá-los somente ao final para confirmar algo.

Por último, destacamos o ponto que se relaciona às ressignificações de RE na ação mediada (Oliveira et al., 2019) no contexto de uso de MM, evidenciadas a partir da declaração das professoras Daiane e Rosa. Daiane ressignificava o uso de balões *para mostrar as geometrias / porque eles tinham muitas dificuldades de visualizar a hibridização / as diferentes geometrias*, o que segundo ela, *funcionou*. Ela afirmou que, a partir dessas experiências, ela tenta *sempre usar mais porque [...] o estudante é muito visual*. Tal como Daiane ressignificava balões, Rosa declarou adaptar MM usando canetinhas cujo objetivo era representar moléculas. Assim como Oliveira et al. (2019) consideramos que as ressignificações de RE são idiossincráticas na prática de cada professor. Contudo, diferentemente desses autores, que observaram as ressignificações na prática, observamos que tais ressignificações, para Aline e Rosa, fizeram sentido no contexto de suas lembranças, tanto que foram declaradas por elas. Isto nos faz considerar que elas reconhecem a importância dessas ressignificações quando outros RE com maior impacto (neste caso, MM) na ação mediada não se encontravam disponíveis.

Vistas as semelhanças nas narrativas históricas, bem como as idiossincrasias entre elas, percebemos que a ação mediada é construída sobre influência de vários elementos de um contexto sócio-histórico, como estudantes e os ambientes da sala de aula. Contudo, percepções dos professores sobre as *affordances* dos RE nessas ações se estabelecem, também, a partir da influência desses contextos, a partir de uma relação mais direta, entre os professores e os MM, e a partir das relações sociais estabelecidas, deles com estudantes. Em suma, era somente usando MM que eles perceberam como esses RE influenciavam na dinâmica das aulas, pontos que discutimos melhor na seção seguinte.

Affordances dos modelos moleculares: limitações e potencialidades

Como evidenciado na seção anterior, houve transformações em ações mediadas por MM nos percursos docentes dos professores que foram influenciadas, adaptadas e/ou transformadas a partir da introdução, complementação ou até mesmo a substituição desses objetos por outros RE. Por exemplo, Paulo viu nos MM a potencialidade de diminuir a abstração do conhecimento químico na aprendizagem dos estudantes. Daiane, por sua vez, percebeu que, em situações específicas, os MM convencionais apresentavam limitações para a visualização de estudantes com dificuldades de aprendizagem. Por isso, eles foram substituídos por balões que, ressignificados, passaram a representar moléculas em maior escala, quando comparados aos MM convencionais, potencializando com essa mudança a aprendizagem de geometria de substâncias químicas. Rosa e Aline introduziram MM nas suas aulas quando observaram aspectos limitantes dos recursos com perspectiva visual em 2D. Rosa, por exemplo explicou que *se você só projetasse / o estudante não ia saber desenhar / então [...] vamos passar para uma estrutura tridimensional*. Afirmção semelhante foi feita por Aline quando disse que *percebia que muita gente não tem a menor noção ((3D)) e depois eles vão desenhar e não conseguem*. Ambas concordavam que uma dificuldade comum de estudantes é transitar entre uma representação 2D à 3D e vice-versa. Por isso, estudantes manipulando MM era importante no processo de aprendizagem porque, como salientou Aline, *eles tinham que ter ((os modelos)) na mão / para enxergar o que está acontecendo*.

Como um modo de evidenciar *affordances* dos MM consideradas pelos professores, perguntamos a eles quais as limitações e potencialidades eles consideravam inerentes ao uso desses RE. Vemos a seguir as considerações de Paulo, Daiane, Rosa, Aline e Márcia.

((O tamanho)) é uma limitação porque querendo ou não / ele geralmente é muito pequeno [...]. Eu não consigo ter um modelo grande [...] aí nesse semestre passado / eu comecei a fazer isso com todas as turmas. Eu levo mais de um modelo montado / porque aí / enquanto eu estou explicando com um / o outro ((modelo)) está rodando a sala [...]. Um ponto [...] é exatamente essa não linearidade ((das Ciências)). Aquilo lá é um modelo para aquela molécula específica e que tem todas as limitações inerentes. A minha dificuldade em chamar a atenção e deixar claro para eles essas limitações / que acaba que eles / sempre generalizam e que eu sempre tento chamar [...] na Química / que é uma área da Ciência que não dá para generalizar. [...] tem que pensar caso a caso. [...] mas o modelo está sempre aqui comigo / né? (Paulo)

A limitação ((do modelo)) é a questão do tamanho. Esses modelos prontos / são muito pequenos / então às vezes o estudante que está mais longe não consegue visualizar tão bem / até por isso / aquelas vezes ((no início)) / eu pedi para que eles fizessem seus próprios modelos / porque eles teriam na mão [...]. Então / depende do curso / quando eu percebo no começo que eles não estão conseguindo

visualizar o meu modelo que não é grande [...] eu tenho que aumentar. Então / eu levo o balão ou eu levo outras coisas / o vídeo / alguma coisa do tipo. [...] Eu acho que é mais isso / a questão do tamanho e a rigidez do modelo que não permitem que eu faça qualquer coisa ali. [...] ele é importante / porque ele me permite fazer alterações no sistema em tempo real / coisa que a projeção não vai me permitir [...]. ((O modelo)) me permite lidar mais com os imprevistos / com as novidades que aparecem / é a forma deles poderem ver os exemplos que estão sendo trabalhados. [...] é algo físico / ele não está pegando / mas é algo mais palpável para ele perceber o que é que eu estou querendo dizer quando eu manipulo o modelo / quando às vezes eu entorto uma ligação para mostrar que o ângulo mudou / alguma coisa assim / é mais fácil de fazer ((com o modelo)) do que fazer no papel / no quadro ou fazer na projeção. (Daiane)

Eu comecei a perceber que determinado modelo era muito melhor para se trabalhar com determinada parte da disciplina do que outros. Por exemplo / quando eu trabalho / quando a gente está trabalhando com ciclo-hexano / com cadeira / eu prefiro o modelinho ((pequeno)) [...]. Naquelas varetas grandonas / o ciclo-hexano fica muito deformado / ele fica ruim / então / é nesse sentido / largar uma coisa e fazer outra / não / porque esse tipo de vareta / ele é muito bom para trabalhar com Estereoquímica / porque ele é maior / então os estudantes conseguem enxergar melhor / mas só em termo de adaptação. (Rosa)

Talvez ((uma limitação)) é que / como esses modelinhos a gente já usa há um século / e eles já / estão / assim / ((sendo usados)) há bastante tempo. Eles já / estão bem gastos. Talvez um ponto que seja falho é os comprimentos das ligações que não estão direitinho. Isso é um ponto que teria que ter ((uma melhoria)) [...] mas isso talvez seja uma limitação / e o ideal é que cada um pudesse ter o seu ((modelo)) / aí seria perfeito / mas essas coisas normalmente são caras / importadas [...]. Os livros / normalmente / alguns até falam para usar modelos porque eu acho / Estereoquímica sem modelo / conformação / eu acho sem modelo muito difícil. (Aline)

Eu ainda estou atrás de um modelo melhor / modelo maior porque aquele ((que eu uso)) / eu considero pequeno. Mas eu acho que eu ainda utilizo pouco. Eu acho um recurso muito importante. A visualização é bem diferente com modelo do que no quadro / né? 3D / em especial / na isomeria. Aí / às vezes / os estudantes / eles acham que dois complexos são tão diferentes / mas na verdade / eles são os mesmos. Só precisava girá-los. [...]. Mas eu ainda não estou satisfeita com a maneira como eu uso o modelo. Eu acho que eu posso melhorar / talvez com modelo maior [...]. O modelo / é a visualização tridimensional [...]. Sempre tive muita dificuldade em visualização 3D. [...] porque essa visão 3D / acho que você vai adquirindo também e aí / agora / dando aula eu sei que eles têm dificuldade

também de visualizar [...]. Eu falo para eles construírem modelos / que foi com os estudantes de dois anos atrás / Eles começaram a construir os modelos / levar para sala com balas de goma e palito. Toda vez eu falo com eles / gente podem construir um modelo / trazer / eles levam [...] eu acho que o modelo é fantástico nessa direção (Márcia).

Novamente, Mateus (a seguir) foi o professor mais contido em nos contar sobre suas percepções acerca das limitações e potencialidades dos MM. O que pareceu mais significativo para ele foi justificar a adaptação que ele faz no objeto, vista na aula que acompanhamos, registramos e analisamos. Nessa aula, Mateus adaptou alguns MM com pedaços de fita adesiva, vistas as características curriculares do conteúdo a ser ensinado. Esses pedaços, naquele contexto instrucional, serviram para representar ligações em ponte, chamadas de ligantes bidentados, comuns em compostos inorgânicos. Sobre isto, em específico, o professor fez considerações acerca das *affordances* dos MM.

Acho que a fita diminuiu a limitação do modelo / acho que dá para ((o estudante)) acompanhar melhor / principalmente essas figuras que são de maior simetria. Às vezes / a gente acha que está desenhando coisa diferente / mas elas são iguais. [...] Eu que tive essa ideia. Os estudantes têm muita dificuldade de visualizar no espaço os ligantes bidentados / Isso eu fiz justamente para mostrar uma sobreposição / pra tentar identificar plano de simetria. Isso ajudava bastante o entendimento (Mateus).

As *affordances* dos MM foram reconhecidas pelos professores a partir de suas experiências com esses objetos, podendo ser pensadas como *affordances coletivas*⁸, isto é, aquelas que são compartilhadas por grupos de professores e *affordances idiossincráticas*, quando são individuais e/ou situadas em contextos específicos de instrução.

Por exemplo, Paulo, Daiane, Rosa e Márcia apontam o pequeno tamanho dos MM como uma limitação desses objetos no ensino. Essa limitação pode ser compreendida como uma *affordance* coletiva desse grupo que suspeitamos ser compartilhada pela maioria dos professores de Química. Isso ganha mais ênfase quando pensamos nos contextos de ensino, nos quais observam-se salas de aula com muitos estudantes, sendo que muitos deles se encontram distantes do par professor-MM, no ato de ensinar, como explicitado na fala de Daiane: *às vezes o estudante que está mais longe não consegue visualizar tão bem*. Contudo, quase sempre que essa e outras limitações eram percebidas, os professores realizaram novas ações mediadas pelos MM para diminuir tais limitações.

Paulo tentou diminuir essa limitação dos MM distribuindo-os para que estudantes os manipulassem de modo que enquanto ele está *explicando com um / o outro ((modelo)) está rodando a sala*. Daiane já havia afirmado que usava MM feitos com balões, atribuindo potencialidades que melhoravam a visualização deles pelos estudantes. Rosa percebeu que alguns tipos de MM apresentavam mais potencialidades do que outros. Por exemplo, no estudo da Estereoquímica, ela prefere usar MM menores

8 Salientamos que as *affordances* coletivas aqui descritas se limitam ao grupo de professores que investigamos e não são generalizadas a todos professores.

para representar moléculas de ciclo-hexano porque *naquelas varetas grandonas / o ciclo-hexano fica muito deformado / ele fica ruim. Diante disso, os estudantes conseguem enxergar melhor / mas só em termo de adaptação.*

Aline atribuiu limitações aos MM, relacionadas ao fato de que eles se desgastam ao longo do tempo; também ao fato de que o tamanho das varetas não obedece a escala analógica à das ligações químicas, evidenciadas experimentalmente; e finalmente, o fato de os estudantes não conseguirem obtê-los, por serem caros. Ela ressaltou a potencialidade de MM no estudo de Estereoquímica visto que *sem modelo / conformação / eu acho sem modelo muito difícil.* Por fim, Márcia afirmou que ainda está *à procura de um modelo molecular melhor.* Ela também considerou que os MM convencionais são muito pequenos.

Por outro lado, Márcia considerou o MM *um recurso muito importante* porque *a visualização é bem diferente com modelo do que no quadro.* Ela reconheceu, nela mesma, uma dificuldade comum a estudantes, *a visualização 3D,* justificando que *agora / dando aula eu sei que eles têm dificuldade também de visualizar.* Por isso, ela instrui estudantes a construir seus próprios modelos ressignificando objetos comuns do dia a dia, tais como *balas de goma e palito.* Essa versatilidade em ressignificar objetos comuns em MM é, na sua opinião *fantástico nessa direção.*

Sobre as potencialidades dos MM, todos os seis professores afirmaram que eles potencializam a visualização de compostos químicos, o que resulta na aprendizagem de conceitos nos quais tal visualização é importante. Consideramos que isto se deve: (i) à versatilidade do MM, como apontado por Paulo e Daiane, visto que com ele é possível representar uma infinidade de compostos químicos, apenas alterando-se a ordem ou tipos de átomos e ligações nas representações; (ii) à fácil manipulação, como apontado por Paulo, Daiane, Aline e Márcia; e (iii) à capacidade de representação de compostos químicos em 3D, este último aspecto enfatizado por Daiane, Rosa, Márcia e Mateus.

Além disto, consideramos pertinente destacar dois pontos. Primeiro, chamou-nos a atenção o fato de que uma mesma propriedade, inerente aos MM, pode ser vista por professores ora como uma limitação ora como uma potencialidade. Isto se refere ao tamanho dos MM. Paulo, Daiane, Aline e Márcia consideraram o tamanho reduzido de MM convencionais como uma limitação, o que resultava na busca por representações maiores, quando MM pequenos não davam conta. Por outro lado, Rosa considerou que para o ensino de conformação de cadeiras do ciclo-hexano, MM maiores são difíceis de manipular e por isso, ela opta por MM menores para representá-las. Isso reforça que *affordances* dos MM referentes ao tamanho variam dependendo do contexto instrucional e, também, por quem eles são usados. Contudo, quando refletimos sobre o contexto de aprendizagem, nos questionamos se o tamanho reduzido dos MM, na visão de estudantes, não seria uma potencialidade visto que o estudante tem a oportunidade de estar em contato com o objeto, podendo, assim, manuseá-lo no momento da explicação.

Segundo, na maioria das vezes, declarações sobre as *affordances* de MM eram destacadas a partir de comparações entre tipos de MM (por exemplo, de tamanhos diferentes), como quando Rosa relatou que *determinado modelo era muito melhor para*

*se trabalhar com determinada parte da disciplina do que outros ou entre MM e outros RE (como imagens projetadas ou desenhadas). Isto foi claramente explicitado por Daiane, quando ela afirmou: *ele me permite fazer alterações no sistema em tempo real / coisa que a projeção não vai me permitir*, ou quando ela afirmou ser *mais fácil de fazer ((com o modelo)) do que fazer no papel / no quadro ou fazer na projeção*; por Rosa, ao perceber que *se você só projetasse / o estudante não ia saber desenhar / então [...] vamos passar para uma estrutura tridimensional / Peguei o modelinho*; por Márcia, ao afirmar que *a visualização é bem diferente com modelo do que no quadro / né?*; e por Mateus, quando ele salientou que, *às vezes / a gente acha que está desenhando coisa diferente / mas elas são iguais*.*

Por fim, ficou evidente nas falas dos professores a afirmação de Wertsch que,

[...] no que diz respeito à mediação, um ponto que ainda emerge é que as restrições impostas por ferramentas culturais são normalmente reconhecidas apenas em retrospectiva através de um processo de comparação do ponto de vista do presente. Normalmente, é só com o surgimento do novo, ou formas de mediação ainda mais capacitantes (ou restritivas) que reconhecemos as limitações anteriores. (Wertsch, 1998, p. 40)

No que se refere à prática de ensino, Oliveira e Mortimer (2020) destacam que a ação mediada por RE apresenta semelhanças, em poucos casos, e idiosincrasias em muitos deles. Esses autores justificam tais idiosincrasias pelo fato de que, além do próprio conhecimento de conteúdo, crenças, valores, concepções de ensino, formação, identidade docente, currículos vigentes, experiências e reflexões influenciam nos modos como as ações são realizadas. Diante disto, eles afirmam que

essas práticas sofrem transformações ao longo do tempo, quando algum desses fatores também sofre transformações. Portanto, a compreensão de processos histórico-culturais construídos ao longo do tempo, sobre a prática, cumpre um importante papel, pois a partir delas ações podem ser modificadas quando apresentam, na visão do professor, significância parcial; banidas, quando não apresentam ganhos nos processos de ensino e aprendizagem; ou ainda mantidas, quando elas são satisfatórias para a aprendizagem dos estudantes. (Oliveira & Mortimer, 2020, p. 3).

Conclusões e implicações

Neste trabalho, investigamos percepções de professores de Química do ES acerca da história de uso de MM em suas práticas docentes à luz de algumas propriedades da ação mediada (Wertsch, 1998). Para isso, analisamos entrevistas de seis professores de uma UF a fim de elucidarmos informações específicas acerca dessa história, em termos de origens dessas ações mediadas, das mudanças ocorridas ao longo do tempo e o reconhecimento de suas percepções sobre as *affordances* de MM em seus percursos profissionais.

Dentre as possibilidades oportunizadas pelas análises, pudemos tornar evidente a propriedade da ação mediada que enfatiza os caminhos evolutivos e, de modo correlacionado, as limitações e potencialidades que os MM apresentavam na performance desses professores, a partir de uma percepção sobre práticas do passado e de correlações com práticas do presente. Nesse contexto ficou mais evidente que a tensão irreduzível (Wertsch, 1998) existente entre os professores e os RE está em constantes processos de transformação.

Em alguns relatos, os professores apontaram situações em que houve mudanças no padrão de ações mediadas para o ato de ensinar, a partir da introdução de MM em suas aulas. Em outras situações, transformações foram observadas nos diferentes modos de usá-los. Características intrínsecas ao próprio modelo também foram responsáveis por mudanças nas ações docentes de alguns professores. Isso demonstra que os RE têm papel importante na seleção de estratégias de ensino que podem ser mais efetivas do que outras. Quando professores percebem isto, há uma reorientação de sentidos nos caminhos evolutivos das ações mediadas, muitas vezes ocorridas por *feedbacks* dados pelos estudantes relacionados aos processos de aprendizagem. Com o passar do tempo e com novas experiências e percepções sobre a própria prática, houve mudanças situadas tanto de tipos de recursos escolhidos para ensinar, incluindo MM, quanto nas formas de agir com eles.

Neste estudo, quando buscamos revisitar os percursos docentes e analisar como o uso de modelos moleculares se configurou, pudemos ter acesso a informações que nos levaram perceber fatores influenciadores tanto no uso deste RE quanto em mudanças que ocorreram neste uso ao longo do tempo. Destacaram-se mudanças nos modos de ação com modelos moleculares ao longo do tempo em diversas perspectivas, resultando, por exemplo, em mudanças: (i) em modos de agir; (ii) em modos como conceber os modelos moleculares no ensino de Química; (iii) quais modelos moleculares usar; (iv) para quais estudantes; e (v) em quais perspectivas e com quais propósitos usá-los.

Reafirmamos que destacar a natureza de diferentes práticas e ações situadas historicamente em caminhos evolutivos (Wertsch, 1998) é importante para que reconstruções, mesmo que superficiais de parte de práticas do passado auxiliem na compreensão sobre o desenvolvimento docente de professores de Química usando RE. Em nossa perspectiva, isto se torna mais significativo quando possibilita reconhecer melhor a história de uso de RE essenciais para o ensino de Química (no caso desta pesquisa, modelos moleculares). Assim, esta pesquisa remontou parte dessa história a partir de declarações feitas por professores de Química e nela, foi importante observar limitações e potencialidades do uso de modelos moleculares (e as mudanças que ocorreram nesse uso) por esses professores em uma perspectiva a longo prazo. Além disso, conseguimos considerar *affordances* (Gibson, 1986) dessa prática na perspectiva desses professores, a partir das suas lembranças de situações relacionadas ao ensino de Química vivenciados por eles.

Muitas vezes, justificamos o sucesso (ou insucesso) de professores frente a aprendizagem de estudantes baseados nos modos como as interações se estabelecem em sala de aula de Ciências ou em quais abordagens de ensino professores se apoiam nessas aulas. Quando levamos em conta os relatos dos professores investigados, observamos que, em todos os casos, a introdução de MM ou transformações nos modos em usá-los oportunizaram, quase sempre, melhorar os processos de compartilhamento de significados em salas de aula. Diante disso, é importante refletirmos sobre quem ou o quê, de fato, evolui na história desses processos mediados.

A compreensão dessa história é importante, visto que pode auxiliar na compreensão de aspectos da prática docente que se relacionam ao ensino de Química suportado pelo uso de MM (um suporte externo) para a construção de significados. Por isso, saber o que professores experientes têm a dizer sobre como ocorreu essa evolução histórica nos seus percursos docentes, especialmente no ES, pode lançar luz para compreendermos alguns aspectos da mediação a partir dessa construção ao longo do tempo.

Desse modo, nosso trabalho implica no reconhecimento de que, adotar a perspectiva de um olhar para a ação mediada, em retrospecto, trouxe contribuições pela alteração do foco de nossa atenção investigatória, tanto no que diz respeito ao que conta como dados quanto no modo como os coletamos. Por isso, estamos em consonância com a consideração de Vigotski (1978) sobre o que conta: não é o ponto final ou resultado de anos de experiência docente desses professores no que diz respeito à ação mediada pelo MM, mas é o próprio processo de domínio e apropriação desse RE (Wertsch, 1998) que é, neste artigo, teoricamente convincente. Especificar maneiras pelas quais professores se apropriaram de MM em suas práticas docentes, ao longo do tempo, reflete e cria ambientes sócio-históricos particulares, identidades individuais e coletivas de professores e estudantes (a partir da visão de seus mestres) dentro desses ambientes.

Referências Bibliográficas

Alves, E. G., & Mortimer, E. F. (03–06 de Julho, 2017). *Integração de diferentes modos semióticos em textos multimodais de livros didáticos de Física: considerações sobre o caminho de leitura*. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, Santa Catarina.

Alves, E. G., & Mortimer, E. F. (25–28 de Junho, 2019). *Utilizando o eye-tracking para caracterizar a leitura de textos multimodais de livros de física*. XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Natal, Rio Grande do Norte.

Arendt, H. (1977). *The life of the mind, Vol 1: Thinking*. Harcourt Brace Jovanovich.

Azevedo, L. L., Martins, P. C., Mortimer, E. F., Quadros, A. L., Sá, E. F., Moro, L., & Pereira, R. R. (2014). Recursos de expressividade usados por uma professora universitária. *Distúrbios da Comunicação*, 26(4), 777–789. <https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/19245>

- Bruner, J. (1973). *Beyond the information given: Studies in the psychology of knowing*. W. W. Norton.
- Buty, C., & Mortimer, E. F. (2008). Dialogic/authoritative discourse and modelling in a high school teaching sequence on optics. *International Journal of Science Education*, 30(12), 1635–1660. <https://doi.org/10.1080/09500690701466280>
- Cunha, M. I. (1997). Conta-me agora!: as narrativas como alternativas pedagógicas na pesquisa e no ensino. *Revista da Faculdade de Educação*, 23(1–2), 185–195. <https://doi.org/10.1590/S0102-25551997000100010>
- Cunha, M. I. (2009). *O bom professor e sua prática* (21ª ed.). Papirus.
- Darsie, M. M. P., & Carvalho, A. M. P. (1996). O início da formação do professor reflexivo. *Revista da Faculdade de Educação*, 22(2), 90–108. <https://doi.org/10.1590/S0102-25551996000200005>
- Evagorou, M., Erduran, S., & Mäntylä, T. (2015). The Role of Visual Representations in Scientific Practices: From Conceptual Understanding and Knowledge Generation to ‘Seeing’ how Science Works. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0024-x>
- Facci, M. G. D. (2004). *Valorização ou esvaziamento do trabalho do professor? Um estudo crítico-comparativo da teoria do professor reflexivo, do construtivismo e da psicologia vigotskiana*. Campinas: Autores Associados.
- Fernandes, A. T. C. (2004). Livros didáticos em dimensões materiais e simbólicas. *Educação e Pesquisa*, 30(3), 531–545. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022004000300011>
- Gauvain, M. (2001). Cultural tools, social interaction, and the development of thinking. *Human Development*, 44(2–3), 126–143. <https://doi.org/10.1159/000057052>
- Gibson, J. J. (1986). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Front Cover: Lawrence Erlbaum.
- Habraken, C. L. (1996). Perceptions of chemistry: Why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences, so distorted. *Journal of Science Education and Technology*, (5), 193–201. <https://doi.org/10.1007/BF01575303>
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541–562. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069920140506>
- Ingold, T. (2008). Tres en uno: Como disolver las distinciones entre cuerpo, mente e cultura. In T. S. Criado, *Tecnogénesis: la construcción técnica de las ecologías humanas* (pp. 1–33). AIBR.
- Jewitt, C. (2009). *The routledge handbook of multimodal analysis*. Routledge.

- Jewitt, C. E. (2011). *The Routledge handbook of multimodal analysis*. Routledge.
- Knuuttila, T. (2005). *Models as epistemic artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation*. University of Helsinki.
- Kozma, R. B., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry instruction. *Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105–143. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0902_1
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- Macdonald, C. A. (2006). The properties of mediated action in three different literacy contexts in South Africa. *Theory & Psychology*, 16(1), 51–80. <https://doi.org/10.1177/0959354306060109>
- Martins, C. B. (2012). Sociologia e Ensino Superior: Encontro ou Desencontro. Dossiê Sociedade e Educação: dilemas contemporâneos. *Sociologias*, (29), 100–127.
- Maton, K. (2013). Making semantic waves: a key to cumulative knowledge-building. *Linguistics and Education*, 24(1), 8–22. <https://doi.org/10.1016/j.linged.2012.11.005>
- Maton, K., & Chen, R. T. H. (2017). Specialization from Legitimation Code Theory: How the basis of achievement shapes student success. In J. R. Martin, K. Maton, W. Pin & W. Zhenhua (Eds), *Understanding Academic Discourse*. Higher Education Press.
- McNeill, D., & Levy, E. (1982). Conceptual representations in language activity and gesture. In R. Jarvella & W. Klein (Eds.), *Speech, place, and action: Studies in deixis and related topics* (pp. 271–295). Wiley.
- Moro, L., Mortimer, E. F., Quadros, A. L., Coutinho, F. A., Silva, P. S., Pereira, R. R., & Santos, V. C. (2015a). Influência de um terceiro modo semiótico na gesticulação de uma professora de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(1), 9–32.
- Morrison, M., & Morgan, M. S. (1999). Models as Mediating Instruments. In M. S. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as mediators* (pp. 10–37). Cambridge University Press.
- Mortimer, E. F., & Quadros, A. L. (Eds.) (2018). *Multimodalidade no Ensino Superior*. UNIJUÍ.
- Neves, C. E. B., Sampaio, H., & Heringer, R. (2018). A institucionalização da pesquisa sobre ensino superior no Brasil. *Revista Brasileira de Sociologia*, 6(12), 19–41. <https://doi.org/10.20336/rbs.243>
- Oliveira, L. A. (2018). *Interações de Professores de Química do Ensino Superior com Meios Mediacionais em Salas de Aula: História, Limites e Possibilidades* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais). Repositório Institucional da UFMG. <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-B46JG3>

Oliveira, J. R. S., & Queiroz, S. L. (2011). A retórica da linguagem científica em atividades didáticas no ensino superior de Química. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 4(1), 89–115.

Oliveira, L. A. D., & Quadros, A. L. D. (2020). O uso do caso talidomida auxiliando na construção de significados em aulas de Química do Ensino Superior. *Química Nova*, 43(4), 486–492. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170487>

Oliveira, L. A., Sá, E. F., & Mortimer, E. F. (2019). Transformação da Ação Mediada a partir da Ressignificação do Uso de Objetos Mediadores em Aulas do Ensino Superior. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 19(u), 251–274. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u251274>

Oliveira, L., & Mortimer, E. F. (2020). Os Percursos de Transformação da Ação Mediada Por Recursos Educacionais: O Ponto de Vista De Uma Professora de Química Orgânica de Ensino Superior. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 22(u), e19940. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172020210134>

Pereira, R. R., Mortimer, E. F., & Moro, L. (2015b). Os Gestos Recorrentes e a Multimodalidade em Aulas de Química Orgânica no Ensino Superior. *Química Nova na Escola*, 37(esp.), 43–54. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_especial_I/08-CP-107-14.pdf

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>

Quadros, A. L. D., & Mortimer, E. F. (2014). Fatores que tornam o professor de Ensino Superior bem-sucedido: analisando um caso. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(1), 259–278. <https://doi.org/10.1590/1516-731320140010016>

Quadros, A. L. D., & Mortimer, E. F. (2016). A Atuação de Professores de Ensino Superior: Investigando Dois Professores Bem Avaliados pelos Estudantes. *Química Nova*, 39(5), 634–640. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160037>

Quadros, A. L. D., Silva, A. S. F., & Mortimer, E. F. (2018b). Relações pedagógicas em aulas de ciências da Educação Superior. *Química Nova*, 41(2), 227–235. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170178>

Quadros, A. L., Martins, R. F., Silva, A. S. F., & Mortimer, E. F. (2018a). As relações pedagógicas no Ensino Superior: análise a partir de uma amostra de professores. In E. F. Mortimer, & A. L. Quadros (Eds.), *Multimodalidade no Ensino Superior* (pp.117–140). UNIJUÍ.

Rogoff, B., Baker-Sennett, J., & Matusov, E. (1993). Considering the concept of planning. In M. Haith, J. Benson, B. Pennington, & R. Roberts (Eds.), *Future-Oriented Processes*. University of Chicago Press.

- Schütze, F. (1983). Biographical research and narrative interview. *Neue Praxis*, 13(3), 283–293. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-53147>
- Silva, B. R., Silva, S. L. D., & Leite, B. S. (2021). Sala de Aula Invertida no Ensino da Química Orgânica: Um Estudo de Caso. *Química Nova*, 44(4), 493–501. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170677>
- Silva, J. G. (2012). *A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein* (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.48.2012.tde-29082012-104740>
- Stieff, M., Scopelitis, S., Lira, M. E., & Desutter, D. (2016). Improving Representational Competence with Concrete Models. *Science Education*, 100(2), 344–363. <https://doi.org/10.1002/sce.21203>
- Stull, A. T., Gainer, M., & Padalkar, S., & Hegarty, M. (2016). Promoting Representational Competence with Molecular Models in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 994–1001. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00194>
- Stull, A., Hegarty, M., Dixon, B., & Stieff, M. (2012). Representation Translation with Concrete Models in Organic Chemistry. *Cognition and Instruction*, 30(4), 404–434. <https://doi.org/10.1080/07370008.2012.719956>
- Tardif, M., Lessard, C., & Lahaye, L. (1991). Os professores face ao saber: esboço de uma problemática do saber docente. *Teoria e Educação*, 4, 215–233.
- John-Steiner, V. (1991). Cognitive pluralism: A Whorfian analysis. In B. Spolsky, & R. Cooper (Eds.), *Festschrift in honor of Joshua Fishman's 65th birthday* (pp. 61–74). Mouton.
- John-Steiner, V. (1995). Cognitive pluralism: A sociocultural approach. *Mind, Culture, and Activity*, 2(1), 2–11. <https://doi.org/10.1080/10749039509524680>
- Vigotski, L. S. (2003). *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores* (6ª ed.). Martins Fontes.
- Vigotski, L. S. (2010). *A construção do pensamento e da linguagem* (3ª ed.). Martins Fontes.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: the development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wertsch, J. (1991). *Voices of the mind*. Harvard University Press.
- Wertsch, J. (1998). *Mind as action*. Oxford University Press.
- Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Harvard University Press.

Wertsch, J. V. (1991). A sociocultural approach to socially shared cognition. In L. B. Resnick, J. M. Levine, & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition*. American Psychological Association (pp. 85–100).

Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>

 **Leandro Antonio Oliveira**

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
leandroquiufmg@gmail.com

 **Eduardo Fleury Mortimer**

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
efmortimer@gmail.com

Editora Responsável

Suzani Cassiani

Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e de Isenção de Interesse

Os autores declaram ter cuidado de aspectos éticos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e não ter qualquer interesse concorrente ou relações pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado no texto.
