



ONDAS SEMÂNTICAS E A DIMENSÃO EPISTÊMICA DO DISCURSO NA SALA DE AULA DE QUÍMICA

Semantic waves and the epistemic dimension in the classroom discourse of Chemistry

Bruno Ferreira dos Santos [bf-santos@uesb.edu.br]

*Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Formação de Professores
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Jequié, Rua José Moreira Sobrinho, S/N,
Jequiezinho, Jequié, Bahia, Brasil*

Eduardo Fleury Mortimer [mortimer@ufmg.br]

Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus da Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

Resumo

Este artigo apresenta uma ferramenta analítica para o estudo da dimensão epistêmica no discurso de sala de aula de Química. Baseada no conceito de ondas semânticas derivado da Teoria de Legitimação dos Códigos e na noção das relações pedagógicas, a ferramenta analítica busca explorar as formas e a organização do conhecimento químico no discurso instrucional. No modelo de análise empregado na construção dos perfis semânticos incluímos os diferentes níveis do conhecimento químico e noções da linguística sistêmica em relação à contextualização/descontextualização no discurso acadêmico. A ferramenta desenvolvida foi empregada na análise ilustrativa de dois episódios de sala de aula de dois professores de Química em escolas do Ensino Médio. A análise revelou diferentes variações nos perfis semânticos entre os professores, cujos movimentos foram associados à presença das relações pedagógicas. A ferramenta demonstrou potencial para diferenciar as formas de conhecimento químico presentes no discurso de professores em sala de aula e a discussão dos resultados relaciona a variação e distribuição dessas formas com a segmentação e a construção do conhecimento científico.

Palavras-Chave: Ondas semânticas; Relações pedagógicas; Dimensão epistêmica; Discurso de sala de aula; Ensino de Química.

This article presents an analytical tool for studying the epistemic dimension of the classroom discourse of Chemistry. Based on the concept of semantic waves derived from the Theory of Legitimation of Codes and the notion of pedagogic link-making, the analytical tool seeks to explore the forms and the organization of chemical knowledge in the instructional discourse. In the analysis' model used in the construction of semantic profiles we included the different levels of chemical knowledge and notions of systemic linguistics in relation to contextualization / decontextualization in academic discourse. The developed tool was applied in the illustrative analysis of two classroom episodes of two chemistry teachers in high school. The analysis revealed different variations in the semantic profiles among teachers, whose movements were associated to the presence of pedagogic link-making. The tool has demonstrated the potential to differentiate the forms of chemical knowledge present in teachers' classroom discourse and the discussion of the results relates the variation and distribution of these forms with the segmentation and construction of scientific knowledge.

Keywords: Semantic waves; Pedagogic link-making; Epistemic dimension; Classroom discourse; Chemistry teaching.

INTRODUÇÃO

O acesso ao conhecimento científico é uma das funções das instituições educativas. É principalmente por meio das escolas e do ensino que é praticado em seu interior que crianças e jovens são apresentadas a esse conhecimento. Dada a natureza do conhecimento científico e sua particular linguagem, muitos problemas na aprendizagem dos conceitos são atribuídos à comunicação dos conteúdos e às atividades em sala de aula pelos docentes (Santos, 2014). No ensino de Química a incompreensão ou mesmo a rejeição por parte dos estudantes a essa disciplina frequentemente estão associadas a dificuldades com o domínio da linguagem dessa ciência. O pensamento abstrato da Química, seus intangíveis objetos de referência, seu simbolismo, entre outras características, constituem a origem de grande parte das dificuldades para sua aprendizagem. Além disso, o seu ensino, com muita frequência, é acusado de não representar coerentemente a sua natureza.

O debate sobre a natureza do conhecimento químico e suas relações com questões de ordem didática e pedagógica não aborda diretamente o discurso em sala de aula, mas questões intrínsecas à *episteme* da Química. Esse debate advoga que o conhecimento químico apresenta uma natureza multidimensional, na qual se associam diferentes níveis ou tipos de conhecimento (Machado & Mortimer, 2007). Entretanto, ao ser recontextualizado¹ com fins didáticos, esse conhecimento é reconfigurado pelo discurso de sala de aula, dando origem ao conhecimento químico escolar. Nesse processo de recontextualização do conhecimento químico, diferentes formas de conhecimento são apresentadas e tornadas acessíveis aos estudantes.

Pesquisas sobre o discurso e a linguagem têm privilegiado a dimensão interacional entre professores e alunos, negligenciando a dimensão epistêmica. São várias as pesquisas que tentam entender como, por exemplo, variam os tipos de *feedback* que o professor dá aos alunos e como esses diferentes tipos conduzem a diferentes tipos de sequências de interação, algumas mais, outras menos dialógicas. (Scott, Mortimer, & Aguiar, 2006; Pinzón-Jácome, Lozano-Jaimes, & Dueñas-Angulo, 2016; Vrikki *et al.*, 2018). Nesse sentido, este artigo tem como objetivo apresentar uma ferramenta analítica que permita investigar a dimensão epistêmica do discurso em sala de aula. Essa dimensão compreende os princípios que conformam o discurso pedagógico da Química como disciplina escolar e sua análise permite diferenciar as formas de conhecimento químico que são distribuídas pelo ensino dessa ciência em situações de sala de aula. Em seu desenvolvimento, fundamentamo-nos na proposição de Basil Bernstein (2001) sobre os princípios distributivos da escola em relação ao conhecimento: “[A] distribuição de distintos saberes e possibilidades não está baseada em diferenças neutras entre os saberes, mas sim em uma distribuição do conhecimento que transmite um valor, um poder e um potencial desiguais” (p. 26).

Para a construção dessa ferramenta analítica nos amparamos nas noções de discurso, de linguagem, de níveis do conhecimento químico e de relações pedagógicas. As duas primeiras noções estão baseadas nas literaturas brasileira e internacional que discutem o ensino e a aprendizagem em ciências como fenômenos intrinsecamente relacionados com os processos discursivos de comunicação e de construção e apropriação do conhecimento científico. A conexão entre essas noções de linguagem e discurso e nosso objetivo de pesquisa nos conduz à Sociologia da Educação, com a qual exploramos a dimensão semântica da Teoria dos Códigos de Legitimação (Maton, 2014), desenvolvida a partir da Teoria dos Códigos Pedagógicos de Basil Bernstein. No entanto, essa dimensão semântica depende de características específicas de cada disciplina e de como essas características são recontextualizadas pelo discurso escolar. Nesse sentido, complementamos os aportes da Teoria dos Códigos de Legitimação com a noção de níveis do conhecimento químico, explorada com base na taxonomia proposta por Alex Johnstone (1982) e em seu posterior desenvolvimento por outros autores (Mortimer, Machado, & Romanelli, 2000; Gilbert & Treagust, 2009; Talanquer, 2010); e com a noção de relações pedagógicas que se origina em Scott, Mortimer, & Amettler (2011).

O artigo está organizado da seguinte maneira: na primeira parte apresentamos brevemente a Teoria dos Códigos de Legitimação e os conceitos principais da dimensão semântica empregados em nossa ferramenta analítica. Em seguida, discutimos as relações pedagógicas e as relações entre o discurso em sala de aula e os níveis de conhecimento químico. Na parte final, ilustramos o potencial da ferramenta na análise de dois episódios de sala de aula de diferentes professores de Química.

¹ A noção de recontextualização empregada neste texto acompanha a definição de Basil Bernstein (2001) como um processo que extrai e desloca um discurso de sua prática e contexto originais e o transforma de acordo com outra lógica de ordenação e enfoque.

A TEORIA DOS CÓDIGOS DE LEGITIMAÇÃO E SUA DIMENSÃO SEMÂNTICA

A Teoria dos Códigos de Legitimação (TCL) compreende uma abordagem sociológica sobre o conhecimento e a educação baseada no realismo social. De acordo com a perspectiva do realismo social, toda forma de conhecimento envolve tanto uma dimensão epistêmica quanto uma dimensão social. Baseado em Bernstein, Maton (2000) argumenta que o conhecimento educacional não é meramente um reflexo das relações de poder externas a ele, mas que inclui internamente relações de poder que são, simultaneamente, de natureza sociológica e epistemológica. Segundo Maton (2008), a TCL fornece um meio para conceitualizar e analisar os princípios que estruturam e fundamentam os campos intelectuais e que permitem a acumulação de conhecimento ao longo do tempo. Sua teoria se apoia nas noções de discurso e estruturas de conhecimento de Bernstein (1999), que estabelecem as diferenças entre as formas de estruturação do conhecimento (científico e cotidiano), e também na obra de Pierre Bourdieu, a qual caracteriza a relação dos atores sociais (chamados de conhecedores pela TCL) com o conhecimento como uma luta por poder e recursos:

“No âmbito da TCL, todas as práticas relacionadas com o conhecimento são consideradas como tomadas de posição e como manifestação do mecanismo de legitimação. (...) As tomadas de posição são designadas linguagens de legitimação e estudadas à luz de uma perspectiva relacional sobre as estruturas de conhecimento e as estruturas de conhecedores (Alexandre, 2012, p. 35).”

Essa noção de legitimação, de acordo com Alexandre, implica que, entre outras coisas, todas as práticas relacionadas com o conhecimento são *“orientadas em relação a algo ou alguém”* (2012, p. 35).

Segundo Moore e Maton (2001), os princípios estruturantes para a produção, a reprodução e a transformação do conhecimento são regulados pelo mecanismo ou dispositivo epistêmico, o qual atua previamente à produção do conhecimento. Portanto, o controle desse mecanismo ou dispositivo implica na determinação da forma do campo, o qual assume *“as características das suas próprias práticas como base para o estatuto e a realização profissional nesse campo”* (Alexandre, 2012, p. 35). Com base nesse princípio e na teoria dos códigos de Basil Bernstein, a TCL teoriza sobre o papel das hierarquias tanto nas estruturas do conhecimento como nas estruturas dos conhecedores: *“A TCL permite traçar uma diferenciação que se sustenta em estruturas de conhecimento e em estruturas de conhecedores e dispõe de ferramentas para descrever essa diferenciação, tanto no plano social como no plano epistêmico”* (Alexandre, 2012, p. 37).

A TCL postula a existência de cinco diferentes dimensões que integram o mecanismo de legitimação: Autonomia, Densidade, Especialização, Semântica e Temporalidade. Cada dimensão, por sua vez, possui seus próprios conceitos para analisar um conjunto particular de princípios organizadores subjacentes às práticas que envolvem o conhecimento (Maton, 2013). Cada dimensão – e, conseqüentemente, seu conjunto particular de conceitos – pode ser empregada de forma separada ou articulada com as demais, e sua escolha dependerá do problema sob estudo.

Como estamos interessados em investigar as formas de conhecimento químico no discurso em sala de aula, utilizaremos em nossa ferramenta analítica a dimensão semântica da TCL. De acordo com Maton (2011), a dimensão semântica se origina em noções da linguística sistêmica, especialmente a metáfora gramatical e a tecnicidade, e compreende os conceitos de densidade semântica e gravidade semântica. Alexandre argumenta que a semântica se relaciona com a dimensão contextual do conhecimento, e busca responder a duas perguntas: *“(...) até que ponto o conhecimento se relaciona com o contexto (gravidade)? Até que ponto está condensado em símbolos? (densidade)”* (2012, p. 39). A dimensão semântica vem sendo empregada em diversos estudos realizados em diferentes instituições (escolas e universidades), disciplinas (Física, Música etc.) e contextos, incluindo marcos teóricos e práticas de sala de aula (Maton, 2014). Um relato sobre a aplicação dessa dimensão da TCL para o ensino de Química Orgânica é encontrado em Blackie (2014).

De acordo com Maton (2011), a densidade semântica se refere ao grau no qual um significado se encontra condensado em um símbolo, que pode incluir termos, conceitos, frases, expressões ou gestos. A densidade semântica pode ser relativamente forte (+) ou fraca (-):

“Quando a densidade semântica é mais forte (DS+), os símbolos têm mais significados condensados dentro deles; quando a densidade semântica é mais fraca (DS-), os símbolos condensam menos significado. Os significados condensados dentro de um símbolo podem ser uma descrição empírica (ou outros significados

com referentes empíricos relativamente diretos) ou eles podem ser sentimentos, sensibilidades políticas, gostos, valores, morais, afiliações, e assim por diante (Maton, 2011, p. 66)."

As variações dos graus da densidade semântica ocorrem em movimentos de fortalecimento, "quando uma descrição extensa é condensada em um termo" e de enfraquecimento, "quando uma ideia abstrata é concretizada em um detalhe empírico." (Maton, 2011, p. 66). Maton utiliza um exemplo da própria Química para explicar seu conceito de densidade semântica e sua relação com os conteúdos de ensino:

"Por exemplo, 'ouro' pode ser comumente compreendido como, por exemplo, um metal amarelo brilhante, reluzente e maleável, que é utilizado na cunhagem, na joalheria, na odontologia e na eletrônica, enquanto dentro da disciplina Química o termo pode, adicionalmente, exprimir significados como número atômico, peso atômico, configuração eletrônica, estrutura cristalina, capacidade de refletir radiação infravermelha e de conduzir eletricidade e calor, e muito mais. Muitos desses significados envolvem estruturas composicionais, estruturas taxonômicas e processos explicativos; por exemplo, seu número atômico representa o número de prótons encontrado no núcleo de um átomo, o identifica como um elemento químico, e o posiciona na tabela periódica, entre muitas outras relações. Assim, em Química, 'ouro' está situado relativamente dentro de uma rede de significados estruturada, complexa e desenvolvida – as 'constelações' compreendendo seu discurso acadêmico – e que impregna o termo com uma grande variedade de significados. A densidade semântica, portanto, constitui um continuum de forças, com uma capacidade infinita para gradações (2013, p. 12)."

Ainda segundo Maton (2013), todo significado se relaciona, em alguma extensão, com algum contexto. A gravidade semântica conceitualiza o quanto esses significados dependem de seu contexto para fazer sentido. De acordo com esse autor:

"A gravidade semântica pode ser relativamente mais forte (+) ou mais fraca (-). Quando a gravidade semântica é mais forte (GS+), o significado está relativamente mais próximo de seu contexto; quando é mais fraco (GS-), o significado é menos dependente de seu contexto. O contexto pode ser social ou simbólico (Maton, 2011, p. 65)."

Na Química, por exemplo, o nome oficial de um ácido apresenta maior gravidade semântica que a classe de ácidos fortes, a qual por sua vez apresenta maior gravidade semântica do que um processo, como um tipo de reação química. Do mesmo modo que a densidade semântica, a variação da força relativa da gravidade semântica também pode apresentar um *continuum*, que pode se constituir como um processo de enfraquecimento, quando os princípios são abstraídos a partir da singularidade concreta de um contexto ou de um caso específico, ou como um processo de fortalecimento, por outro lado, ocorre quando ideias abstratas como um conceito ou um processo genérico são tornadas mais concretas (Maton, 2011).

A dimensão semântica na TCL define os chamados códigos semânticos, um dos tipos de códigos de legitimação que originam os princípios de organização das práticas sociais, como o discurso em sala de aula. De acordo com Maton (2014, p. 130), as forças relativas da gravidade e da densidade semânticas podem variar de forma independente para gerar uma série de códigos semânticos (GS+/-, DS+/-). Essa variação das forças também origina um plano semântico, de capacidade infinita de variação (ver Figura 1).

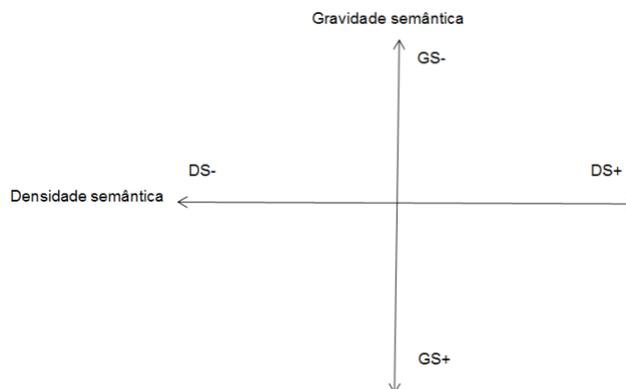


Figura 1: Plano semântico (Adaptado de Maton, p. 16, 2016).

AS RELAÇÕES PEDAGÓGICAS

Scott, Mortimer e Ametller (2011) introduzem a noção de relações pedagógicas (“*pedagogical link-making*”) como um processo central para o ensino e a aprendizagem do conhecimento conceitual científico: “*As relações pedagógicas descrevem os modos por meio dos quais professores e estudantes estabelecem conexões entre as ideias durante as interações para a construção do significado em sala de aula.*” (p. 3). A premissa básica que sustenta essa noção se origina em uma perspectiva construtivista para a aprendizagem. Isso significa que a aprendizagem dos conceitos é pensada como uma relação que os aprendizes estabelecem entre uma nova ideia que lhes é apresentada e o conhecimento que já possuem. Essa relação pode ser promovida pelo professor, durante o ensino, de forma a facilitar ao estudante a construção ou internalização pelo estudante no plano pessoal.

Os autores identificam três tipos principais de relações pedagógicas: o primeiro envolve o estabelecimento de conexões entre diferentes tipos de conhecimento, como forma de apoio ou suporte para a elaboração do conhecimento sob estudo; o segundo envolve relações que estabelecem conexões entre os eventos temporais do ensino e da aprendizagem, promovendo uma continuidade no tempo de tal modo que o conhecimento seja percebido em uma forma integral, não fragmentado; o terceiro é aquele que proporciona uma motivação emocional entre os aprendizes de forma a estimulá-los positivamente em seu engajamento no ensino e na sua aprendizagem. Neste artigo discutiremos a presença e a importância dos dois primeiros tipos de relações pedagógicas em nosso estudo de caracterização do discurso em aulas de Química. Iremos, portanto, descrever de modo mais detalhado os dois primeiros tipos de relações.

O tipo de relações pedagógicas que sustenta a elaboração do conhecimento é constituído por diferentes abordagens que conectam diferentes formas de conhecimentos. Uma primeira abordagem estabelece conexões entre o conhecimento cotidiano e os modos de explicação científica. Essa abordagem tanto integra como também diferencia os modos cotidianos (ou espontâneos) de explicação dos fenômenos dos modos científicos. De acordo com Scott, Mortimer e Ametller (2011), essa abordagem especifica a relação que seria capaz de promover uma maior compreensão conceitual do conhecimento científico nos aprendizes, pois toma como base ou princípio aquilo que eles já sabem ou dominam em seus próprios termos.

Uma segunda abordagem das relações que dão suporte à elaboração do conhecimento diz respeito ao estabelecimento de conexões que constituem a rede conceitual das ciências: “[...] *aprender o conhecimento científico conceitual implica reconhecer como os conceitos científicos se ligam entre si em um sistema inter-relacionado e são aplicados nesta ‘forma conectada’.*” (Scott *et al.*, 2011, p. 7). Uma terceira abordagem abrange as conexões entre as explicações científicas e os fenômenos do mundo real. Para os autores, essas conexões são fundamentais para que o estudante adquira um sistema de conceitos e saiba aplicar as explicações e generalizações científicas em uma forma prática. Cabe então ao professor selecionar fenômenos de potencial interesse e relevância para os estudantes.

Uma quarta abordagem é definida como uma consequência da natureza multimodal do conhecimento científico, o que inclui as diferentes representações do conhecimento (matemática, gráfica, diagramática, pictórica, e uma grande variedade de símbolos). A compreensão adequada dos conceitos científicos implica no estabelecimento de conexões entre as diferentes modalidades de representação. A quinta abordagem

discutida por Scott *et al.* (2011) descreve as conexões entre as explicações em diferentes escalas ou magnitudes do conhecimento, que nem sempre são diretamente visíveis ao observador.

A última abordagem desse tipo de relação pedagógica envolve o uso de analogias, de modo a tornar a explicação científica mais acessível e familiar ao estudante. Apesar de ser definida como uma abordagem relacionada com a elaboração do conhecimento conceitual, os autores não a consideram tão fundamental quanto as anteriores, pois não constituiria um pré-requisito essencial para o desenvolvimento de uma compreensão profunda na área das ciências.

O segundo tipo de relação pedagógica envolve o estabelecimento de conexões temporais no ensino e na aprendizagem dos conceitos científicos. Os autores distinguem duas abordagens que promovem a continuidade temporal no ensino das ciências: uma que desenvolve a estória científica (Leach & Scott, 2002) e outra que gerencia e organiza as atividades em sala de aula. Eles também reconhecem distintas escalas temporais para essa relação de acordo com o seu grau de distanciamento: as conexões podem ocorrer num nível macro, meso ou micro, a depender de sua extensão no tempo de desenvolvimento do currículo.

No nível macro as relações de continuidade se estabelecem em uma escala de tempo longa, que pode referenciar elementos prévios do currículo da ordem de meses ou mesmo de anos; o nível meso envolve uma escala intermediária, de dias ou semanas, e normalmente referencia elementos que pertencem a uma mesma sequência de ensino; no nível micro as relações de continuidade envolvem uma escala de tempo curta, referenciando elementos dentro de uma mesma aula (Scott *et al.*, 2011).

LINGUAGEM, DISCURSO E NÍVEIS DE CONHECIMENTO EM QUÍMICA

O debate sobre a natureza do conhecimento químico e suas relações com questões de ordem didática e pedagógica não aborda diretamente o discurso em sala de aula, mas questões intrínsecas à episteme da Química. Esse debate advoga que o conhecimento químico apresenta uma natureza multidimensional, na qual se associam diferentes níveis ou tipos de conhecimento. No entanto, há que se ponderar que os conhecimentos científicos são transformados em conhecimentos escolares, e as formas do discurso em sala de aula não coincidem exatamente com a estrutura do conhecimento que lhe dá origem: “*A estrutura de uma disciplina não possui, como tal, uma estrutura pedagógica, mas ela assume uma relação com a estrutura pedagógica*” (Van Berkel, Pilot, & Bulte, 2009, p. 39). Essa transformação dos conteúdos científicos para finalidades de ensino é conceitualizada de diferentes maneiras: transposição didática, para Chevallard (2005); conhecimento pedagógico do conteúdo, para Shulman (1986); e recontextualização, para Bernstein (2001). Embora tais conceitos não coincidam entre si, eles procuram dar conta dos processos de transformação e adaptação que o conhecimento científico sofre ao ser transposto para o ensino.

Em sua explicação para a recontextualização, Bernstein argumenta que o discurso pedagógico possui uma lógica própria e que essa é diferente da lógica do discurso do conhecimento originado em seu campo de produção: “*O discurso pedagógico está constituído por um princípio recontextualizador que se apropria, desloca, reenfoca e relaciona seletivamente outros discursos para estabelecer sua própria ordem.*” (1998, p. 63). No ensino de Química, as formas do discurso podem incluir desde uma versão simplificada e empobrecida do conhecimento químico, na qual os estudantes entram em contato com fatos, conceitos, leis e teorias, mas não são capazes de compreender as inter-relações entre esse conhecimento e o mundo em que vivem, até uma forma em que eles adquirem capacidade de mobilizar o conhecimento adquirido na resolução de problemas e utilizá-lo em sua participação na vida social. A versão mais simplificada desse conhecimento representa o processo de segmentação do conhecimento pedagógico, no qual o aluno aprende uma série de ideias e habilidades discretas por meio do currículo, em vez de construir de modo progressivo levando em conta o que ele aprendeu previamente:

“Essa aprendizagem segmentada dificulta ao estudante aplicar sua compreensão a novos contextos, como os estudos prévios, sua vida cotidiana ou um trabalho futuro. O conhecimento ou sua compreensão está localizado dentro de seu contexto de produção ou de aprendizagem (Maton, 2011, p. 126).”

As pesquisas sobre o discurso em sala de aula, em geral, procuram identificar os padrões típicos de interação produzidos e também como os estudantes se apropriam (ou não) desses padrões para a sua participação nas interações (Mortimer & Scott, 2003). Sem desconsiderar sua importância, Silva e Mortimer (2010), investigando a natureza dos gêneros discursivos e das estratégias enunciativas em aulas de Química,

reivindicam a necessidade de se incluir a dimensão epistêmica para a caracterização desse discurso. Argumentamos que o conhecimento sobre essas duas dimensões – a interacional e a epistêmica – e sobre sua associação no discurso em sala de aula contribui para uma melhor caracterização das interações discursivas e da relação entre o discurso e a distribuição das formas de conhecimento no ensino de Química.

A estrutura do conhecimento químico tem sido esquematizada por diversas tipologias, e uma parte delas acompanha um esquema constituído por três dimensões ou níveis de conhecimento, representado pela figura de um triângulo e proposta originalmente por Johnstone (1982)². Essas tipologias diferem entre si, na maioria das vezes, apenas com relação aos nomes de cada dimensão ou nível do conhecimento químico envolvido em cada vértice ou faceta do triângulo (Talanquer, 2010), como na proposição de Mortimer, Machado, & Romanelli (2000), apresentada na Figura 2. Desde a sua proposição inicial, problemas de aprendizagem em Química são associados à particular natureza do conhecimento dessa ciência, destacando-se a dificuldade em transitar entre os níveis fenomenológico, teórico e representacional. De modo semelhante, os professores também enfrentam dificuldades de percorrer os diferentes níveis de conhecimento durante o ensino.

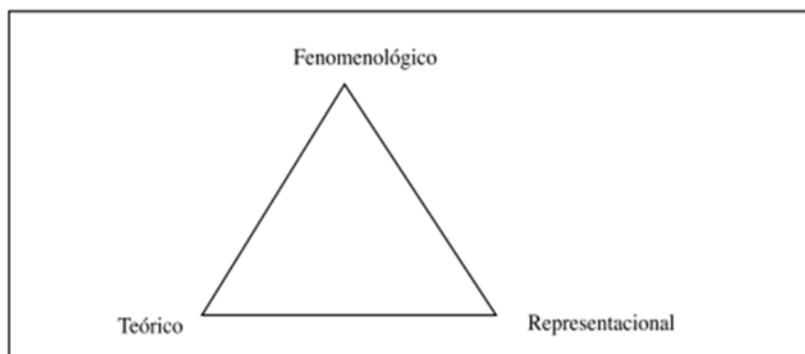


Figura 2: Níveis ou dimensões do conhecimento químico (Fonte: Mortimer *et al.*, 2000)

A sugestão de que o conhecimento químico pode ser gerado, expressado, ensinado e comunicado em três diferentes níveis é considerada por Talanquer (2010) uma das ideias mais poderosas e produtivas na educação química nos últimos 35 anos. Segundo Gilbert e Treagust (2009), a relação entre esses três níveis do conhecimento seria um modelo chave para a educação química. A organização desse triângulo para fins pedagógicos é representada como uma ascensão:

*“A filosofia da maioria dos currículos de Química é que os estudantes necessitam ascender em uma escada: a compreensão dos fenômenos de interesse da vida real somente poderá ser adquirida quando os estudantes compreenderem os ‘blocos construtores’ da teoria corpuscular da Química, os átomos e moléculas (Van Berkel *et al.*, 2009, p. 32).”*

Isso significa que aprender Química, de acordo com essa filosofia curricular, implica em dominar inicialmente, no contexto escolar, o nível do conhecimento teórico.

Outro aspecto discursivo de relevância para o estudo da dimensão epistêmica da Química é a relação entre o conhecimento científico e o mundo empírico. De acordo com Talanquer (2010), existe um tipo de conhecimento empírico concreto que empregamos para comunicar nossa interação com o mundo que nos rodeia. Por meio da Química, entretanto, os fenômenos observáveis são reinterpretados e explicados de outra maneira. Silva e Mortimer (2010) argumentam que a possibilidade de falar sobre o conteúdo científico pode ser realizada em pelo menos três níveis referenciais distintos: por meio de um referente específico, de uma classe de referentes ou de um referente abstrato. Esses autores também afirmam que “[...] é possível verificar um progressivo movimento de descontextualização ou recontextualização no discurso da ciência escolar, enquanto se avança da descrição para a explicação e enfim para a generalização e/ou definição e vice-versa.” (p. 134).

Os diferentes modos de comunicar a experiência e o conhecimento científico remetem, no discurso de sala de aula de Química, aos discursos contextualizado e descontextualizado tal como definidos por Cloran

² Uma discussão filosófica sobre a natureza dos níveis de conhecimento químico pode ser encontrada em Souza (2012).

(2006) e Hasan (2001). Hasan considera que, embora a condição natural para o discurso o caracterize como dependente da situação,

“[...] o que é notoriamente penetrante hoje é o tipo de linguagem que é conhecido como independente do contexto, desincorporado ou descontextualizado, especialmente nas sociedades desenvolvidas do mundo ocidental. Pode-se chegar a afirmar que a linguagem descontextualizada constitui a própria fabricação destas sociedades (Hasan, 2001, p. 48).”

Cloran (2006) afirma que a descontextualização é uma característica do discurso instrucional escolar e Hasan (2001) acrescenta que a linguagem descontextualizada é a voz, por excelência, da ideologia oficial. Baseado em Vygotsky, Wertsch (1985) define a descontextualização dos meios mediacionais como o processo pelo qual o significado dos signos se torna cada vez menos dependente do contexto espaço-temporal singular no qual eles estão são usados.

Os dois tipos de discursos, entretanto, não representam um par ou uma dicotomia que se exclui mutuamente, uma vez que entre eles existe uma continuidade (Hasan, 2001). Para explicar essa característica, Hasan introduz as noções de virtual e real para a descrição dos contextos que a linguagem se refere. Segundo essa autora, um contexto (ou algum elemento dele) é real se ele pode ser percebido fisicamente pelos interlocutores; de forma contrária, um contexto é virtual se não há a possibilidade de experienciá-lo fisicamente, o que significa que o fenômeno em questão não está disponível aos sentidos.

Hasan prossegue afirmando que um discurso se torna descontextualizado/desincorporado não por fazer referência a algo que não esteja fisicamente presente aos sentidos aqui e agora, mas pelo fato de se referir a algo que, por sua própria natureza, não é capaz de estar presente em qualquer localização espaço-temporal. Ele é simplesmente não sensível. O contexto virtual da situação é uma realidade inteiramente baseada no texto, cuja existência se constitui na ação verbal (Hasan, 2001, p. 53-54). Ao situar o contexto real na experiência sensível, Hasan (2001) argumenta que essa experiência se relaciona com uma situação imediata ou deslocada na narrativa pessoal. Já o contexto virtual se afasta de ambas as situações, uma vez que elas são imateriais: eles são inteligíveis, mas não são sensíveis. Isso significa que a distinção fundamental entre o discurso contextualizado e o discurso descontextualizado está na capacidade deste último em criar um contexto virtual para a situação.

A generalização, de acordo com Cloran (2006), tipifica a linguagem descontextualizada. A generalização permite a transformação de categorias de referentes que podem ser sensivelmente apreendidos em categorias cujos referentes não podem ser sensíveis, ou seja, ela transporta o domínio dosensível para o domínio do inteligível (Hasan, 2001). Hasan argumenta ainda que o melhor ambiente para se aprender a usar a linguagem descontextualizada é aquele no qual uma continuidade é estabelecida entre o real e o virtual e que se movimenta do familiar para o não familiar.

As considerações sobre os níveis de conhecimento químico e sobre as relações pedagógicas que apresentamos serão retomadas na construção de nossa ferramenta analítica, que discutiremos na próxima sessão deste artigo.

TRAÇANDO ONDAS SEMÂNTICAS

Os conceitos de gravidade e densidade semântica apresentam um *continuum* em suas forças relativas que representam infinitas gradações de seus valores nas práticas, e permitem traçar as variações dentro das práticas ao longo do tempo. Essa movimentação entre os diferentes graus dos significados e suas relações com o contexto constitui o que Maton (2014) denomina como perfil semântico, e pode ser representado por meio de ondas semânticas (ver Figura 3).

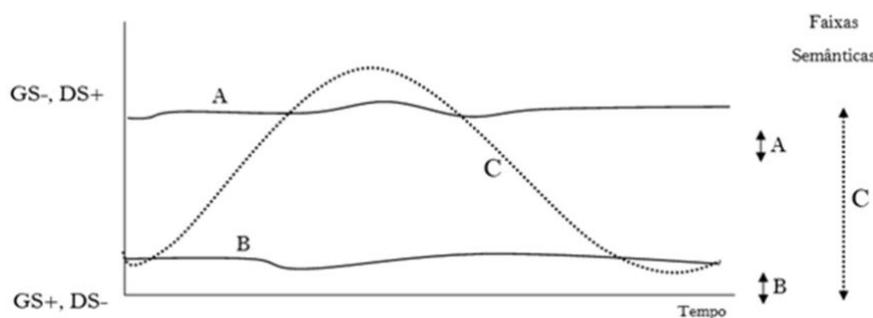


Figura 3: Ilustrações de ondas semânticas (Adaptado de Maton, p. 17, 2016).

Para analisar as formas discursivas presentes nas aulas da Química, de acordo com os valores da densidade semântica, nos baseamos nos níveis da estrutura epistêmica dessa ciência presentes no triângulo (ver Quadro 1). Desse modo, consideramos a possibilidade de que o discurso associe os fenômenos da Química com quatro diferentes níveis de densidade, a depender da relação conceitual que esteja vinculada nesse discurso. No nível 1, o mais elementar e que corresponde ao valor mais baixo para a densidade semântica (DS-), a linguagem conceitual empregada coincide ou está mais próxima da linguagem cotidiana, e se relaciona com aspectos do fenômeno químico em questão. O nível 2, que vem a seguir, já emprega a linguagem científica para entender o fenômeno químico. Quando a abordagem sobre os fenômenos químicos utiliza a linguagem conceitual da teoria corpuscular, por exemplo, o valor da densidade semântica se fortalece ainda mais (nível 3). É o caso, por exemplo, da explicação para as diferentes cores no teste de chama dos metais, ou da explicação do fenômeno da radioatividade, para os quais necessariamente devem ser empregados os conceitos associados à teoria corpuscular. A linguagem simbólica e representacional da Química expressa, por sua vez, o nível mais forte de densidade semântica (nível 4).

Quadro 1: Níveis da densidade semântica para o conhecimento químico.

Densidade semântica	Nível	Forma	Descrição	Exemplo
Forte ↑ ↓ Fraca	4	Simbólica	Símbolos químicos, diagramas, gráficos, imagens	Diagrama de mudança de fases de um líquido
	3	Conceitual submicroscópica	Requer a compreensão da teoria corpuscular para a explicação do fenômeno	Associação entre a temperatura de ebulição de um líquido e suas propriedades moleculares
	2	Conceitual macroscópica	Relaciona conceitos científicos com aspectos macroscópicos do fenômeno	Associação entre a evaporação e a temperatura de ebulição de um líquido
	1	Macroscópica ou fenomenológica	Relaciona conceitos empregados na linguagem cotidiana com o fenômeno	Associação entre a evaporação de um líquido com a descrição empírica da observação

Com base na estrutura de níveis de densidade semântica apresentados no Quadro 1, propomos a variação da força da gravidade semântica para análise do discurso em sala de aula em diferentes níveis, com respeito à sua contextualização/descontextualização (ver Quadro 2). Nesse caso, o nível 1 é o mais vinculado ao contexto e corresponde ao maior valor para a gravidade semântica (GS+). O nível 2 envolve uma classe de referentes. Quando o discurso aborda uma generalização, a força da gravidade semântica corresponde ao nível 3, e a apresentação de uma lei ou de um princípio científico equivale ao nível 4, ou seja, um valor mais fraco para a gravidade semântica (GS-).

Quadro 2: Níveis da gravidade semântica para o conhecimento químico (Fonte: Adaptado de Jiménez, Melo, Bacigalupo, & Manghi, 2016).

Gravidade semântica	Nível	Forma	Descrição	Exemplo
Fraca ↑ ↓ Forte	4	Abstração	Apresenta um princípio geral	Lei, princípio
	3	Generalização	Apresenta uma observação geral ou esboça uma conclusão generalizada sobre um referente abstrato	Padrão, modelo
	2	Explicação	Descreve ou desenvolve o comportamento de uma classe de referentes	Relação entre as propriedades e o comportamento observável dos referentes
	1	Descrição, resumo	Descrição de um referente específico presente ou lembrado da vida cotidiana	Caso, particularidade

A APLICABILIDADE DA FERRAMENTA ANALÍTICA NA ANÁLISE DE EPISÓDIOS DE SALA DE AULA

Nesta seção, nós iremos demonstrar o uso de nosso modelo de análise. Para isso, selecionamos episódios de aulas de dois professores de Química em diferentes escolas de Ensino Médio, uma pertencente à rede pública e outra à particular. Essas aulas introduziram o conteúdo de Termoquímica, e foram escolhidas por representarem distintas estratégias empregadas pelos professores para o seu ensino. Ambas as aulas foram registradas em vídeo e foram analisadas com o suporte do programa para análise de vídeos *Elan*, por meio do qual identificamos os episódios que foram selecionados.

A aula da Professora Beatriz³

A aula da professora Beatriz durou pouco mais de 40 minutos e nela distinguimos três episódios: os dois primeiros desenvolveram a definição dos conceitos de processos endotérmico e exotérmico, e o terceiro a construção de um gráfico de entalpia para uma reação de combustão. Analisaremos o primeiro episódio, que se assemelha ao episódio selecionado do segundo professor. Ela o iniciou lembrando um experimento realizado com os alunos em uma aula anterior, e que envolveu uma mudança de estado:

(6:42/7:02)... gente, vamos pensar nesses processos nas mudanças de fase primeiro. Porque depois nós vamos relacionar com as reações químicas. Então, nas mudanças de fase, que mudança de fase a gente fez lá no laboratório? A última atividade que fez, né? Qual é a mudança de fase que a gente tava observando lá?

(7:02/7:03) Aluno 1: líquido e gasoso.

(7:03/7:19) Professora: líquido e gasoso, então quando a gente pensa nos estados físicos estava passando do estado líquido para o estado gasoso, né?

A professora prosseguiu realizando perguntas aos estudantes:

(7:24/7:39) Professora: ebulição. Aqueceu, para atingir a temperatura específica de ebulição da água, né? Para falar dessas mudanças de estado físico, tá? Então, essa ebulição, gente, quais foram as condições para ela ocorrer?

(7:43/7:44) Aluno 2: aumentou a temperatura.

(7:44/8:06) Professora: teve que aquecer, e aí? Aumentou a temperatura até quanto? Não foi aumentando, aumentando, aumentando? Até chegar na temperatura de ebulição. A água que entrou em ebulição, qual foi a segunda condição que ela teve para aumentar a temperatura de ebulição? As duas chegaram à temperatura de ebulição, e teve um equilíbrio térmico, mas o que que teve diferente que não entrou em ebulição?

(8:06/8:07) Aluno 1: absorveu calor.

³ Os nomes são fictícios de modo a preservar a identidade dos professores.

Em seguida, a professora introduziu na discussão sobre o experimento realizado no laboratório a teoria corpuscular:

(8:07/8:48) Professora: absorveu calor. Absorveu calor para entrar em ebulição. Quer dizer que esse processo de ebulição é um processo que ocorre absorvendo calor, então não basta chegar na temperatura de ebulição. Enquanto o líquido tiver em ebulição, ele está absorvendo calor para mudar de estado físico, né? O que a gente pode falar das partículas desse sistema, gente? O que está acontecendo, né? Pensa nas moléculas do líquido, pensa nas moléculas do gás. Elas estão se soltando, né? Então quem é que está absorvendo essa energia? Essa energia está sendo usada para que? Porque a temperatura não muda, então não dá para esquentar, né? Ela está sendo usada para que?

(8:48/8:49) Aluno 3: para a movimentação delas?

O diálogo entre a professora e os estudantes avançou envolvendo os conceitos de temperatura, energia cinética, estado físico e a modelização do movimento das partículas, até a introdução do conceito de interação, arrematado pela professora com a seguinte explicação:

(9:26/10:04) Professora: interação. Então essa interação intermolecular, ela requer energia para ser rompida, a gente já estava falando disso em propriedades coligativas, lembram disso? Quanto mais forte a interação intermolecular, menor era a pressão de vapor, né? Se a pressão de vapor ela abaixa então, se a pressão de vapor, se ela é baixa quer dizer que eu vou ter um material de interação intermolecular intenso, então ele vai ter um ponto de ebulição maior. Quanto mais forte a interação mais difícil é romper. Então essa energia ela é gasta para romper a interação entre as partículas. Em qual outra mudança de estado físico, gente, também está rompendo ligações das partículas? Em qual sentido ali?

No quadro, a professora desenhou um esquema que representava as mudanças de estado, ao mesmo tempo em que definiu o conceito de processo endotérmico:

(10:09/11:09) Professora: nesse sentido aqui a gente tem a fusão do material, né? Então nesses dois sentidos, olha, eu tô promovendo uma maior desorganização, uma maior separação das partículas, não é assim? Nesse sentido, gente, são processos que absorvem calor. A todo processo que absorve calor a gente chama de processo endotérmico, tá? Então, a nomenclatura que a gente diz é essa, olha. Processos endotérmicos são os que absorvem calor.

Nesse primeiro episódio da aula da professora Beatriz, observamos que ela conduziu o discurso em um movimento que foi de uma situação concreta e contextualizada – a experiência prévia realizada no laboratório escolar sobre mudança de fase da água –, em direção a um discurso descontextualizado, que construiu generalizações sobre o conhecimento científico. Simultaneamente, os conceitos que apareceram no início do diálogo e que se relacionavam diretamente com o experimento realizado estavam próximos dos significados que empregamos na linguagem cotidiana (temperatura, ebulição, estado físico e calor). À medida que o episódio avançou, a introdução da teoria corpuscular (“O que a gente pode falar das partículas desse sistema, gente? O que está acontecendo, né? Pensa nas moléculas do líquido, pensa nas moléculas do gás.”) acrescenta mais significados aos conceitos que estavam sendo discutidos. Surgiram então no discurso as noções de interação molecular e de pressão de vapor para a explicação da mudança de fase. Isso moveu a discussão do nível fenomenológico para o nível teórico do conhecimento químico.

De acordo com Bucat e Mocerino (2009), o nível teórico somente pode ser acessado via imaginação, o que implica a necessidade de uma maior precisão na linguagem para a comunicação entre professor e aluno ser efetiva. Essa necessidade acarreta na mudança do discurso contextualizado para o discurso descontextualizado. Isso se verifica na passagem na qual a discussão estava inicialmente endereçada às observações e conclusões sobre o experimento para, em seguida, derivar em generalizações que realizam o discurso descontextualizado característico do conhecimento científico:

(7:39) Professora: Então essa ebulição gente, quais foram as condições para ela ocorrer?

(7:43/7:44) Aluno 2: aumentou a temperatura.

(7:44/8:06) Professora: teve que aquecer, e aí? Aumentou a temperatura até quanto? Não foi aumentando, aumentando, aumentando? Até chegar na temperatura de ebulição. A água que entrou em ebulição, qual foi

a segunda condição que ela teve para aumentar a temperatura de ebulição? As duas chegaram à temperatura de ebulição, e teve um equilíbrio térmico, mas o que que teve diferente que não entrou em ebulição?

(8:06/8:07) Aluno 1: absorveu calor.

(8:07/8:48) Professora: absorveu calor. Absorveu calor para entrar em ebulição. Quer dizer que esse processo de ebulição, é um processo que ocorre absorvendo calor, então não basta chegar na temperatura de ebulição. Enquanto o líquido tiver em ebulição, ele está absorvendo calor para mudar de estado físico, né?

Nesse episódio, o referente inicialmente presente no discurso é a água (“a água que entrou em ebulição” – nível 1 para GS). Em seguida, o referente passou a ser a classe dos líquidos (“Enquanto o líquido tiver em ebulição...” – nível 2 para GS). Com a introdução da teoria corpuscular o referente passou a ser um modelo de matéria (“Pensa nas moléculas do líquido, pensa nas moléculas do gás”; “eu vou ter um material de interação molecular intenso, então ele vai ter um ponto de ebulição maior” – nível 3 para GS). Essas alterações do referente permitiram o surgimento do discurso descontextualizado na generalização sobre o processo de ebulição (“é um processo que ocorre absorvendo calor”). Simultaneamente, a gravidade semântica se enfraqueceu, pois o referencial deixou de ser o experimento realizado para se transformar nas moléculas de um líquido e de um gás genérico, o que por sua vez permitiu novamente a descontextualização do discurso sob a forma de uma generalização (“Quanto mais forte é a interação molecular, menor era a pressão de vapor”). Em seguida a professora representou os processos graficamente, o que correspondeu a uma mudança na densidade semântica (discutida mais adiante) e apresentou a definição de processo endotérmico: “A todo processo que absorve calor a gente chama de processo endotérmico, tá? Então a nomenclatura que a gente diz é essa, olha. Processos endotérmicos são os que absorvem calor” (nível 3 da gravidade semântica). Esse episódio apresentou uma graduação contínua da gravidade semântica que partiu de um valor mais forte (GS+) para um valor mais fraco (GS-).

Em termos de densidade semântica observamos um movimento semelhante, que partiu de um valor mais fraco (DS-) para um valor mais forte (DS+). Assim, a professora começou a interação recuperando o fenômeno macroscópico que havia sido estudado em aula anterior (nível 1 para DS). A seguir ela introduziu alguns conceitos (temperatura de ebulição e equilíbrio térmico) para explicar o que acontecera, porque a água no tubo de ensaio, que estava inserido dentro da outra água, no béquer, não entrara em ebulição apesar de ter atingido a temperatura de ebulição (nível 2 para DS). A introdução da teoria corpuscular no discurso permitiu uma variação na densidade semântica entre um valor mais fraco para um valor mais forte (o nível 3) devido à incorporação de mais significados para os fenômenos discutidos, como, por exemplo, as ideias de interação molecular, pressão de vapor, movimento molecular e rompimento das interações moleculares. Essa condensação atingiu um valor máximo nesse episódio no momento em que a professora desenhou o esquema que simbolizava um processo endotérmico (nível 4 para a DS). Após a definição desse processo, a professora deu início a um novo episódio, no qual iria definir os processos exotérmicos.

Essa análise está ilustrada nas ondas semânticas para esse episódio (ver Figura 4).

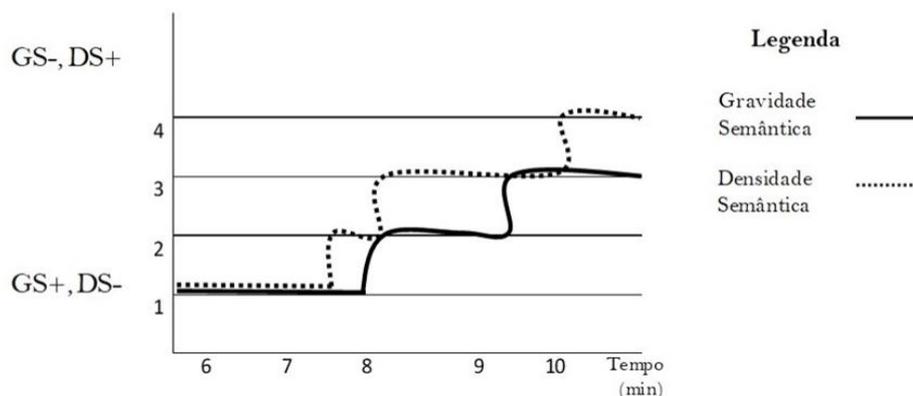


Figura 4: Perfil semântico para o episódio da Professora Beatriz (Fonte: os autores).

A variação na força da gravidade e na densidade semânticas nesse discurso ocorre principalmente por meio das relações pedagógicas. Desse modo, a recordação do experimento realizado é uma relação

pedagógica temporal meso, quando a professora recorda um experimento que ocorreu numa aula anterior, o que ajuda a desenvolver a estória científica, possibilitando a introdução dos novos conceitos. A segunda relação pedagógica é aquela que modifica a escala ou magnitude do fenômeno, que surge quando a professora reorienta a discussão para o nível teórico. Outra relação pedagógica temporal macro refere-se à recordação das propriedades coligativas, um assunto já estudado, e que, por sua vez, permite a relação pedagógica que conecta diferentes conceitos científicos. Nesse caso específico, a conexão entre pressão de vapor, a mudança de fase e a teoria cinético-molecular. Essas relações pedagógicas constituem os recursos empregados que permitem a variação da força da gravidade e da densidade semânticas, conforme ilustrado por seu perfil semântico na Figura 4.

A aula do professor Edson

A aula do professor Edson transcorreu em menos de 40 minutos, e nela não observamos uma demarcação que configurasse episódios distintos, como na aula da professora Beatriz. O professor Edson iniciou a aula lembrando alguns conceitos que já tinham sido apresentados aos alunos, ao mesmo tempo em que desenhou no quadro um gráfico de entalpia. Em seguida, ele pediu que os alunos abrissem o livro didático e recordou um exercício que eles deveriam ter resolvido em casa. Uma parte do tempo da aula transcorreu com o professor percorrendo a sala e verificando individualmente a resolução desse exercício pelos alunos. Após esse momento, o professor retornou ao quadro e concluiu o desenho do gráfico de entalpia para o exercício, discutindo com os alunos os conceitos e sua representação no gráfico. Em nossa análise, consideramos apenas o momento inicial da aula no qual o professor lembrou alguns conceitos e o momento final quando o professor concluiu o gráfico de entalpia.

(10:32/11:17) Professor: bom, só vou lembrar aqui rapidamente o que a gente falou. A gente começou aqui falando sobre Termoquímica, que é a parte da Química que vai estudar o calor envolvido nas reações, também pode trabalhar os processos físicos. Químico ou físico, e a gente chegou nessa constatação aqui. A gente chegou no seguinte: existem reações que são exotérmicas e reações que são endotérmicas. As reações endotérmicas elas podem o que mesmo, gente? Absorver ou liberar energia?

(11:17/11:18) Alunos: absorver.

(11:18/14:17) Professor: absorver energia. Então ela tem uma quantidade de energia menor e vai para uma quantidade de energia maior, resumindo, tá? Então o jeitão, os aspectos do gráfico são desse jeito aqui. A gente falou também o seguinte, que existe uma variação, chamada de variação de entalpia. A variação de entalpia é justamente essa distância aqui, oh! Esse conteúdo basicamente é o conteúdo energético, da energia interna dos reagentes, a variação daqui pra cá, a gente falou que tem que ser, no caso da reação endotérmica, tem que ser maior do que zero. Na reação exotérmica, reagente, produto, tempo. A gente falou que... Vou colocar aqui, exotérmica o delta H é menor que zero, tá? Então a gente tá nessa situação aí. Queriam que pegassem depois e dessem uma olhadinha na página 307, tá? Depois é dá uma olhadinha no livro aí, pra gente poder... se tiver uma dúvida aí dessa parte aí, tá? Bom, aí eu deixei um exerciciozinho aí, não foi? O primeiro a gente já tinha feito e o segundo é esse aqui $\text{CH}_4 + \text{O}_2$, foi isso? Dando $\text{CO}_2 + \text{água}$, foi isso aí? Então como é que ficou esse esquema aí do gráfico? Pela energia, se ela é exotérmica ou endotérmica. Como é que ficou isso aí? Aí a gente partiu de uma percepção aí. Que era um gás que é encontrado nos cilindros de carros que estão por aí para economizar energia, para economizar combustível, aí ele falou, se isso aqui reage com oxigênio faz o quê? Forma gás carbônico é?

(14:17/14:18) Alunos: água.

(14:19/14:38) Professor: água. É uma reação? De combustão. Uma reação de combustão ela vai ser, tá? Exotérmica, tudo bem? Libera calor aqui, então como é o jeito desse gráfico aqui. Eu deixei pra vocês tentarem fazer, conseguiu?

Ao retornar ao quadro, o professor resolveu o exercício ao mesmo tempo em que justificava sua resolução explicando os conceitos e sua aplicação no raciocínio:

(28:00/30:17) Professor: Bom, a reação de combustão é uma reação exotérmica, tá? Essa reação de combustão é uma reação exotérmica. Eu tenho um exemplo, olha, oh. Em casa, você aciona o fogão, o queimador, está acontecendo um processo semelhante. Só que lá não é metano, é propano e butano, dois compostos que você vai encontrar lá. Tem a Química do terceiro ano, que vai separar um ano da sua vida de estudante para estudar a Química Orgânica, então você vai estudar mais detalhes, quanto a essa parte de compostos aqui, de reação de combustão de compostos orgânicos. Tá, virou isso daqui, gás carbônico e

água, é porque é o seguinte: como vai estar montando esse gráfico aí? Só pedi para fazer o seguinte, coloca aqui oh, tem uma quantidade de energia, nas ligações aqui, ainda mostrei isso, oh. Ligações são quebradas, novas ligações são o quê? Como é que é aluno 1? Ligações são quebradas e novas ligações são o quê?

(30:17/30:18) Aluno 1: feitas.

(30:18/30:52) Professor: feitas, realizadas, são concebidas. Tem que enxergar que isso aqui é diferente disso aqui. Essa é a origem do processo o quê? Químico. Por que isso ficou lá no passado? Algum lugar alguém falou. Se tem transformação da matéria, acontece o quê? Nesse processo químico aqui, eu tô tendo o quê? Liberação de energia. Reagentes se transformando em produtos. Delta H aqui é o quê?

(30:53/30:54) Alunos 2: delta H?

(30:54/31:21) Professor: a variação da entalpia é menor do que zero. Por que isso? Falamos antes aqui tem um conteúdo energético. A energia interna daqui é maior que a energia interna daqui [o professor aponta para o gráfico de entalpia que ele está desenhando no quadro]. E como é que é a variação da energia? Delta E. Energia de quem?

(31:22/31:23) Aluno 1: energia do produto.

(31:23/31:25) Professor: energia do produto menos?

(31:26/31:27) Aluno 3: a energia dos reagentes.

(31:28/33:50) Professor: a energia dos reagentes. Isso aqui, oh, tem muito e aqui tem pouco, então esse pouco aqui menos esse muito aqui, tem que dar um número o quê? Um número pequeno menos um número maior, vai ficar o quê? Menor que zero. Aí a gente falou, oh! Tá muito próximo da variação de energia, a variação da entalpia. Aqui a gente já tem o quê? O trabalho que foi realizado, tá certo? Retira aqui, pela concepção da fórmula que eu dei na outra aula e isso aqui é a variação da energia mais o trabalho. Vou tá colocando o trabalho em jogo aqui também. Tá acompanhando aqui? Tranquilo essa parte aqui?

No início da aula, ao relembrar os conceitos já apresentados, esses aparecem sob a forma de generalizações (“existem reações que são exotérmicas e reações que são endotérmicas. As reações endotérmicas elas podem o que mesmo gente? Absorver ou liberar energia?”). Esses conceitos são então vinculados ao gráfico de entalpia que o professor desenhou no quadro. O discurso do professor Edson assumiu inicialmente um grau fraco para a gravidade semântica (nível 4 para GS), pois os conceitos foram apresentados sob a forma de princípios sem qualquer menção a um referente específico. Logo em seguida, ao discutir os aspectos do gráfico de entalpia junto ao quadro, o professor Edson incluiu em sua explicação os reagentes e os produtos de uma reação química. A introdução desses referentes aumentou a força da gravidade semântica para o nível 3, pois ele utilizou um modelo ou padrão em sua explicação. O exercício possibilitou elevar ainda mais o nível da gravidade semântica, pois o referente passou a ser a reação de combustão do gás metano contextualizada pelos cilindros de carros movidos a gás (nível 1 para a GS) (“Que era um gás que é encontrado nos cilindros de carros que estão por aí para economizar energia, para economizar combustível”). Entretanto, seu discurso retornou para um nível mais fraco (nível 3 para GS) ao indicar que uma reação de combustão constitui uma reação exotérmica (“É uma reação? De combustão. Uma reação de combustão ela vai ser, tá? Exotérmica, tudo bem?”).

O professor Edson interrompeu sua explicação para que os alunos resolvessem um exercício e, ao retomar o discurso, ele reafirmou a mesma generalização sobre as reações de combustão (“a reação de combustão é uma reação exotérmica, tá? Essa reação de combustão é uma reação exotérmica” - nível 3 para GS). Em seguida, o uso de um exemplo trouxe a gravidade semântica para seu nível mais forte (“Eu tenho um exemplo, olha oh. Em casa, você aciona o fogão, o queimador, está acontecendo um processo semelhante. Só que lá não é metano, é propano e butano, dois compostos que você vai encontrar lá”). Verificamos o fortalecimento da gravidade semântica em seu discurso (GS+) por meio desses exemplos, que mais se assemelham a saltos semânticos, pois Edson saiu da generalização dos processos endotérmicos e exotérmicos para os exemplos de casos específicos, passando do nível 3 para o nível 1 da gravidade semântica. Esses saltos semânticos apresentados pelo professor Edson se apresentam como rupturas em suas ondas semânticas, pois ocorreram de forma abrupta, sem transição. Jiménez *et al.* (2016) argumentam que quanto mais abstrato for o conceito científico, mais difícil será a mediação em seu ensino e, em consequência, mais difícil será a construção de uma onda semântica que se movimenta de uma forma fluida entre os distintos níveis de descontextualização no discurso de sala de aula.

Posteriormente encontramos um novo salto, com o enfraquecimento da gravidade semântica (ele retorna ao nível 3 para GS), na generalização sobre os fenômenos químicos (“Se tem transformação da matéria, acontece o quê? Nesse processo químico aqui, eu tô tendo o quê? Liberação de energia. Reagentes se transformando em produtos”). Seu discurso, entretanto, descendeu para o nível 2 da gravidade semântica uma vez que Edson explicou a variação de entalpia com a energia dos reagentes e produtos de uma reação química específica – a de combustão –relacionando-os graficamente.

As considerações iniciais do professor, no que se refere à densidade semântica, relacionando Termoquímica e calor (“A gente começou aqui falando sobre Termoquímica que é a parte da Química que vai estudar o calor envolvido nas reações”) e também os tipos de reações com a absorção e liberação de energia (“existem reações que são exotérmicas e reações que são endotérmicas. As reações endotérmicas elas podem o que mesmo gente? Absorver ou liberar energia?”) vinculam os conceitos com poucos significados, o que o situa em uma DS mais fraca (nível 2). Sua estratégia se ampara em uma relação temporal meso, pois o professor estava recordando as definições já apresentadas na aula anterior. Após essa breve introdução, entretanto, a força da densidade semântica apresentou um salto, pois ele passou a associar a noção de variação de entalpia com o conteúdo energético ou energia interna dos reagentes e relacionou esses significados com o tipo de reação e com sua expressão gráfica – nível 4: (“existe uma variação, chamada de variação de entalpia. A variação de entalpia é justamente essa distância aqui, oh! Esse conteúdo basicamente é o conteúdo energético, da energia interna dos reagentes, a variação daqui pra cá, a gente falou que tem que ser, no caso da reação endotérmica, tem que ser maior do que zero”). De acordo com Maton e Doran (2017), a chave para determinar se a densidade semântica é mais forte ou mais fraca é o seu grau de relações: quantas relações um determinado item estabelece com outros itens no mesmo campo de conhecimento.

O salto da gravidade semântica observado nessa sequência (discutido anteriormente) não acompanha uma variação na força da densidade semântica, pois a discussão em torno da reação de combustão como um caso de reação exotérmica implica o conhecimento e o domínio de outras relações dentro da Química. Uma evidência dessa rede de significados é a localização das reações de combustão dos compostos orgânicos dentro da Química Orgânica (“Tem a Química do terceiro ano, que vai separar um ano da sua vida de estudante para estudar a Química Orgânica, então você vai estudar mais detalhes”). Isso mantém a densidade semântica no nível 3. Posteriormente, o discurso do professor Edson vinculou os processos energéticos com a quebra e formação de ligações químicas (“Ligações são quebradas, novas ligações são o quê?”, “Nesse processo químico aqui, eu tô tendo o quê? Liberação de energia. Reagentes se transformando em produtos. Delta H aqui é o quê?”). Novamente a densidade semântica variou entre os níveis 3 e 4, quando ele vinculou a teoria corpuscular à explicação do fenômeno de liberação de energia e à representação gráfica para a variação de entalpia resultante desse processo.

Essa análise está ilustrada nos mapas semânticos da Figura 5. Apresentamos os mapas de forma separada, o primeiro correspondendo ao momento da aula que vai do minuto 10 aos 15, aproximadamente, e o segundo entre o 28 e o 34, pois no intervalo entre os dois momentos os alunos se dedicaram à resolução de um exercício que não foi objeto de nossa análise. No perfil semântico do professor Edson, observamos uma inflexão que corresponde ao fortalecimento da gravidade semântica, porém seu perfil para a densidade semântica permanece sem uma inflexão mais significativa, uma vez que seu discurso se orienta para os níveis mais altos dessa dimensão.

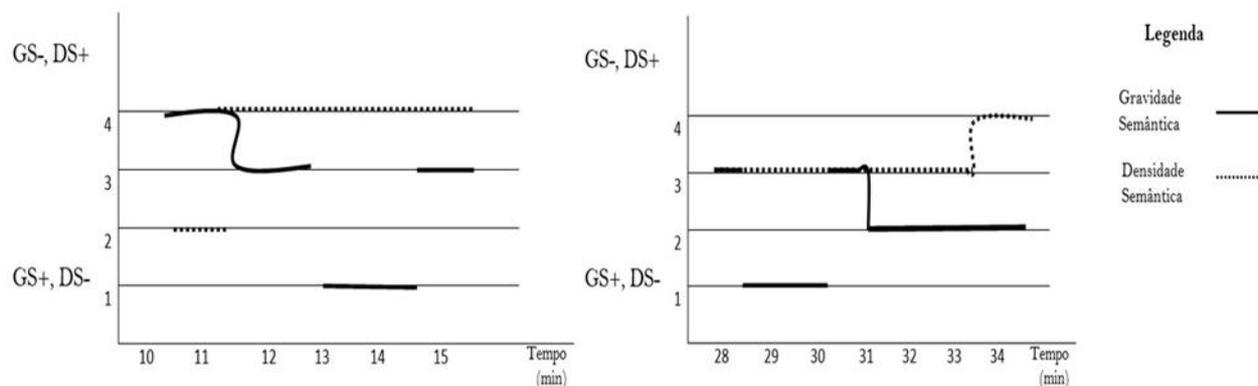


Figura 5: Mapas semânticos da aula do professor Edson referentes aos dois momentos.

Ao compararmos os episódios das duas aulas e seus respectivos mapas semânticos, percebemos uma variação maior da gravidade e da densidade semânticas no discurso em sala de aula da professora Beatriz. Essa diferença entre os perfis semânticos está associada às estratégias de ensino que ambos os professores adotaram ao introduzir o conteúdo Termoquímica. A professora Beatriz, ao escolher uma experiência de laboratório como ponto de partida para ensinar o conceito de processo endotérmico, logrou modificar os valores da densidade e da gravidade exibindo uma tendência uniforme em sua variação ao longo do episódio. O professor Edson não se baseou em um único fenômeno que lhe permitisse contextualizar os conceitos, mas partiu da definição dos próprios conceitos. Os mapas semânticos de ambos evidenciam uma inversão na variação da força da gravidade semântica, pois o episódio da professora Beatriz mostra inicialmente uma gravidade semântica relativamente forte (GS+) que, à medida que avança, tende a apresentar valores mais fracos (GS-), em um movimento que parte do discurso contextualizado em direção ao discurso descontextualizado. No caso do professor Edson, por outro lado, o mapa semântico evidencia um movimento contrário, pois seu episódio se inicia em um grau de gravidade semântica fraca (GS-), para somente depois modificar-se em direção a uma gravidade semântica forte (GS+). Esse movimento, entretanto, não representa uma tendência uniforme, e sim um salto semântico, pois seu discurso voltou a exibir um valor fraco para a gravidade semântica.

O episódio analisado da professora Beatriz também mostra uma variação muito maior para a densidade semântica do que o do professor Edson. Isto se explica pelo fato de ela, amparada na experiência realizada anteriormente, ter permitido uma maior participação dos seus alunos no discurso em sala de aula. As trocas discursivas que ocorreram nesse momento exploraram conceitos de uma forma muito mais próxima de seu uso na linguagem cotidiana do que na linguagem científica. Posteriormente, ao conduzir a discussão em torno da teoria corpuscular, ocorreu um aumento da força da densidade semântica. Esses movimentos em torno da densidade semântica são compreendidos por Maton (2014) como rarefação e condensação, respectivamente. Já o professor Edson, apesar de contextualizar os conceitos ensinados em dois exemplos, não utilizou esses momentos para explorar a participação dos estudantes, limitando-se a fazer perguntas nas quais os estudantes deveriam apenas completar lacunas em seu próprio discurso (“Ligações são quebradas e novas ligações são o quê?”). Diferentemente da professora Beatriz, o professor Edson, além de ter demonstrado pouco trânsito nesse grau de densidade semântica tampouco explorou os diferentes níveis de conhecimento químico, restringindo-se a relacionar os conceitos de entalpia e energia com a quebra de ligações químicas.

O fortalecimento ou enfraquecimento da gravidade e da densidade semânticas, no caso da professora Beatriz, estão marcados pelo emprego das relações pedagógicas. Em seu discurso aparecem relações temporais, tanto na lembrança do experimento quanto na recordação das propriedades coligativas. Em um primeiro momento os alunos também foram incentivados a explicar o fenômeno discutido utilizando seus modos cotidianos, para, em seguida, estabelecerem as conexões na teia conceitual da Química. Além disso, observamos o uso dos diferentes níveis de conhecimento químico (“O que a gente pode falar das partículas nesse sistema?”), o que nos permite dizer que, na aula da professora Beatriz, a presença das relações pedagógicas é bastante explícita. A introdução dessas relações no discurso é o que irá definir e modificar a força tanto da gravidade quanto da densidade semânticas. No caso do professor Edson, seu uso é mais discreto e implícito. Quando ele transita entre os níveis de conhecimento conceitual e representacional (o que definiria uma relação pedagógica) essa relação surge de forma implícita em sua explicação (“Uma reação de combustão ela vai ser, tá? Exotérmica, tudo bem? Libera calor, então como é o jeito desse gráfico aqui”). Sem muita justificativa, a associação entre o processo exotérmico e sua representação gráfica é apresentada de forma arbitrária. Os significados estão condensados na representação e cabe aos alunos aceitá-los como a “verdade científica”. Seu recurso a uma relação pedagógica temporal também aparece de forma discreta ao se referir à diferença entre processos químicos e físicos (“Tem que enxergar que isso aqui é diferente disso aqui. Essa é a origem do processo o quê? Químico. Por que isso ficou lá no passado?”).

A ausência de relações pedagógicas na prática do professor Edson também contribui para a fragmentação do conhecimento químico, pois o conteúdo apresentado estabelece poucas relações com outros conhecimentos, seja esse o conhecimento prévio ou o conhecimento cotidiano dos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme afirmamos na introdução deste artigo, a Química é frequentemente caracterizada como um conhecimento abstrato e complexo, distante da realidade cotidiana da maioria das pessoas. Esse modo de caracterizar a Química, entretanto, não tem sido submetido a um escrutínio teórico. Dois motivos se destacam

na explicação para essa situação: por um lado, grande parte da pesquisa em educação científica se preocupa com o aprendiz (ou o conhecedor, de acordo com a TCL), e trata de evidenciar os modos ou mecanismos de como a aprendizagem se processa na mente dos estudantes. Por outro lado, as pesquisas sobre o discurso e a linguagem têm privilegiado a dimensão interacional entre professores e alunos, negligenciando a dimensão epistêmica.

Este artigo pretendeu contribuir para a compreensão do papel da dimensão epistêmica no discurso em sala de aula, de modo a fornecer subsídios teóricos que nos ajudem a entender como as práticas de ensino podem reforçar ou atenuar essa imagem da Química como abstrata e complexa. A análise dos perfis semânticos no discurso tem potencial para elucidar os princípios que conformam o discurso pedagógico da Química e também para diferenciar as formas de conhecimento apresentadas e distribuídas aos aprendizes. Nossa análise das duas práticas de ensino nos sugere que existem estratégias de apresentação do conhecimento químico que podem ser mais acessíveis aos estudantes. Essas estratégias incluem variações nas formas do conhecimento, por meio do fortalecimento e do enfraquecimento de suas dimensões semânticas. O uso das relações pedagógicas favorece esses movimentos, permitindo que o conhecimento apresentado não permaneça “encapsulado” em si mesmo, mas estabeleça conexões com outros conhecimentos.

Não pretendemos com a ferramenta analítica que apresentamos neste artigo esgotar a análise do discurso pedagógico do conhecimento químico. Conforme afirmamos, esse conhecimento apresenta uma linguagem multimodal e há outros aspectos importantes a serem explorados, como o uso das imagens e da linguagem matemática na Química. Tampouco pretendemos que os níveis apresentados para as dimensões semânticas sejam definitivos e universais para todas as situações de ensino. Concordamos com Maton (2013) quando afirma que a diversidade entre os perfis semânticos sugere que uma questão crucial para a pesquisa é estudar qual perfil serve para determinado propósito, audiência e contexto. É necessário explorar por meio de mais pesquisas para confirmar ou expandir seu valor analítico.

AGRADECIMENTOS

Este artigo teve apoio da FAPEMIG (processo APQ-03494-12), do CNPq (processo 437439/2018-6) e da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da UESB.

REFERÊNCIAS

- Alexandre, M. S. F. (2012). *Representação e legitimação do conhecimento científico e suas áreas de especialidade: análise crítica de entrevistas com cientistas portugueses*. (Tese de doutorado). Faculdade de Letras, área de Literaturas, Artes e Culturas, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. Recuperado de: http://www.legitimationcodetheory.com/pdf/2012Alexandre_PhD.pdf
- Bernstein, B. (1998). *Pedagogía, control simbólico e identidad. Teoría, investigación y crítica*. Madrid, España: Morata.
- Bernstein, B. (1999). Vertical and horizontal discourse: an essay. *British Journal of Sociology of Education*, 20(2), 157-173. <http://doi.org/10.1080/01425699995380>
- Bernstein, B. (2001). *La estructura del discurso pedagógico. Clases, códigos y control* (Vol. IV), (4a ed.) Madrid, España: Morata.
- Blackie, M. A. L. (2014). Creating semantic waves: using Legitimation Code Theory as a tool to aid the teaching of Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 462-469. Recuperado de <http://pubs.rsc.org/en/content/getauthorversionpdf/C4RP00147H>
- Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the submicro level: structural representations. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.) *Multiple representations in chemical education* (pp. 11-29). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Chevallard, Y. (2005). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. (3a ed.) Buenos Aires, Argentina: Aique.

- Cloran, C. (2006). Contexts for learning. In Christie, F. (Ed.). *Pedagogy and the shaping of consciousness. Linguistic and social processes* (pp. 31-64). New York, United States of America: Continuum.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.). *Multiple representations in chemical education* (pp. 1-8). Dordrecht, Netherland: Springer.
- Hasan, R. (2001). The ontogenesis of decontextualized language: some achievements of classification and framing. In A. Morais, A., I. Neves, I., B. Davies, & H. Daniels (Eds.). *Towards a sociology of pedagogy: the contribution of Basil Bernstein to research* (pp. 47-79). New York, United States of America: Peter Lang.
- Johnstone, A. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64(227), 377-379.
- Jiménez, J. P. C., Melo, G., Bacigalupo, F., & Manghi, D. (2016). Olas de significado en la interaction profesor-alumno: análisis de dos clases de ciencias naturales de um 6^{to}. de primaria. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(2), 335-350. <http://doi.org/10.1590/1516-731320160020005>
- Leach, J., & Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38(1), 115–142. <http://doi.org/10.1080/03057260208560189>
- Machado, A. H., & Mortimer, E. F. (2007). Química para o Ensino Médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In L. B. Zanon & O. A. Maldaner (Orgs.). *Fundamentos e propostas de ensino de Química para a Educação Básica no Brasil*. (pp. 21-41). Ijuí, RS: Unijuí.
- Maton, K. (2000). Languages of legitimation: the structuring significance for intellectual fields of strategic knowledge claims. *British Journal of Sociology of Education*, 21(2), 147-167. <http://doi.org/10.1080/713655351>
- Maton, K. (2008). Knowledge-knower structures in intellectual and educational fields. In F. Christie & J. R. Martin (Eds.). *Language, knowledge and pedagogy. Functional linguistics and sociological perspectives* (pp. 87-108). London, England: Continuum.
- Maton, K. (2011). Segmentalism: The problem of building knowledge and creating knowers. In D. Frandji & P. Vitali (Eds.). *Knowledge, pedagogy and society. International Perspective on Basil Bernstein's sociology of education* (pp.126-139). New York, United States of America: Routledge.
- Maton, K. (2013). Making semantic waves: a key to cumulative knowledge-building. *Linguistics and Education*. 24(1), 8-22. <http://doi.org/10.1016/j.linged.2012.11.005>
- Maton, K. (2014). Building powerful knowledge: the significance of semantic waves. In E. Rata & B. Barrett (Eds.). *The future of knowledge and curriculum. International studies on social realism* (pp. 181-212). London, England: Palgrave Macmillan.
- Maton, K. (2016). Legitimation code theory: building knowledge about knowledge-building. In K. Maton S. Hood, & S. Shay (Eds.). *Knowledge-building: educational studies in legitimation code theory* (pp. 1-22). New York, United States of America: Routledge.
- Maton, K., & Doran, Y. J. (2017). Semantic density: a translation device for revealing complexity of knowledge practices in discourse, part 1 – wording. *Onomazéin*, n. especial, LSF y TCL sobre educación y conocimiento (pp. 47-76).
- Moore, R., & Maton, K. Founding the sociology of knowledge: Basil Bernstein, intellectual fields, and the epistemic device. In A. Morais, I. Neves, B. Davies, & H. Daniels (Eds.). *Towards a sociology of pedagogy: the contribution of Basil Bernstein to research* (pp. 153-182). New York, United States of America: Peter Lang.
- Mortimer, E. F., Machado, A. H., & Romanelli, L. I. (2000). A proposta curricular de Química no estado de Minas Gerais. Fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, 23(2), 273-283. Recuperado de http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol23No2_273_V23_n2_%2821%29.pdf
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms: A framework for analysing meaning making interactions*. Maidenhead, England: Open University Press.
- Pinzón-Jácome, L. M., Lozano-Jaimes, C. A., & Dueñas-Angulo, L. C. (2016). From feedback to follow-up in the third turn of IRE sequences: a challenge to promote genuine interaction in EFL clases. *Rastros*, 18(33), 71-81. <http://doi.org/10.16925/ra.v18i33.1846>

- Santos, B.F. (2014). Contribuições da sociologia de Basil Bernstein para a pesquisa sobre a linguagem e interações discursivas nas aulas de Ciências. In B. F. Santos & L. P. Sá. *Linguagem e ensino de Ciências: ensaios e investigações* (pp. 55-66). Ijuí, RS: Unijuí.
- Scott, P., Mortimer, E. F., & Amettler, J. (2011). Pedagogical link-making: a fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education*, 47(1), 3-36. <http://doi.org/10.1080/03057267.2011.549619>
- Scott, P., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in High School science lessons. *Science Education*, 90(4), 605-631. <http://doi.org/10.1002/sce.20131>
- Silva, A. C. T., & Mortimer, E. F. (2010). Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de Química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(1), 121-153. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/318/205>
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15(2), 4-14.
- Souza, K. A. F. D. (2012). *Estratégias de comunicação em Química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX*. (Tese de doutorado). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46136/tde-08052013-095035/pt-br.php>
- Talanquer, V. (2010). Macro, submicro and symbolic: the many faces of the Chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. <http://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Van Berkel, B., Pilot, A., & Bulte, A. M. W. (2009). Micro-macro thinking in chemical education: why and how to escape. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.). *Multiple representations in chemical education* (pp. 41-54). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Vrikki, M., Wheatley, L, Howe C., Hennessy, S., & Mercer, N. (2018). Dialogic practices in primary school classrooms. *Language and Education*. <http://doi.org/10.1080/09500782.2018.1509988>
- Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and social formation of mind*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.

Recebido em: 13.04.2018

Aceito em: 12.03.2019