



## FORMAS DE USO DA NOÇÃO DE REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

### THE USES OF STRUCTURAL REPRESENTATION IN UNDERGRADUATE CHEMISTRY COURSES

Waldmir Araujo Neto<sup>1,2</sup>

Marcelo Giordan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo / Faculdade de Educação, waldmir@usp.br, giordan@usp.br

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação do Rio de Janeiro/Campus Maracanã

#### Resumo

O presente trabalho trata do reconhecimento das formas de uso da noção de representação estrutural no Ensino Superior de Química, interpretando-as à luz de um referencial teórico que relaciona a Mediação Semiótica de Lev Vigotski e a Filosofia das Formas Simbólicas de Ernst Cassirer. O sentido dessa relação é oferecer uma função representativa diferenciada para o tema. O conteúdo empírico da pesquisa é formado por episódios construídos por meio de registros de áudio e vídeo. Destaca-se o caráter inovador do aporte metodológico que considera habilidades espaciais como conteúdos simbólicos. Os resultados afirmam o caráter crucial da mediação em situações de ensino que usam ferramentas de ordem gráfica, material ou gestual. Conclui-se que uma função representativa de uso mais própria para a representação estrutural deve considerar uma atividade prioritariamente simbólica dos diferentes tipos de signos, em detrimento de seu reconhecimento como ícones.

**Palavras-chave:** Ensino de Química, Representação estrutural, Formas simbólicas, Mediação semiótica.

#### Abstract

This work deals with the recognition of different uses on chemical structure representation in undergraduate courses. The theoretical framework is based under the semiotic mediation of Lev Vygotsky and the symbolic forms of Ernst Cassirer. The meaning of this theoretical combination is to provide a new representative function for structure representation. The lack of epistemological and ontological considerations is the most related cause for inappropriate interpretation concerning chemical representation widespread. The work empirical basis refers to organic and inorganic chemistry disciplines. The investigation considers some class study situations and assesses the different uses of chemical structure representation as related to graphic, material and gestural tools. Acknowledging the graphic chemistry representation process as being committed to a normative basis rather than

involved in iconic attempts, the results aim symbolical meaning as a prior character for chemical structure representation sign.

**Keywords:** Chemistry teaching, Structural representation, Symbolic forms, Semiotic mediation.

## INTRODUÇÃO

A representação estrutural é uma atividade constituída na evolução da química a partir de meados do século XIX, destinada à criação e à utilização de signos em processos de comunicação e em heurísticas para previsão de características e propriedades de diferentes entes com os quais a Química se ocupa, sejam eles existentes ou não. Conhecer e entender as diferentes formas gráficas de representação estrutural são habilidades que começam a ser promovidas no Ensino Médio e se estendem pelo Ensino Superior de Química. Segundo Goodwin (2008) representações estruturais são “onipresentes” (GOODWIN, 2008, p. 117) tanto em textos pedagógicos quanto profissionais.

Segundo Branquinho, Murcho e Gomes (2006) a noção mais amplamente difundida de representação, e principalmente ancorada na psicologia, liga-se à faculdade subjetiva de um sujeito tomar conhecimento do mundo ou dos objetos que o rodeiam. Para estes autores apenas em um sentido derivado deste pode-se transitar para o estatuto da representação com uma formulação semiótica: “*a* representa *b* para um sujeito *s*” (BRANQUINHO, MURCHO; GOMES, 2006, p. 689). Os autores destacam que a relação de representação é em última análise um processo mediado. Esse processo medial foi defendido e usado como eixo basilar para o sistema semiótico defendido por Charles Sanders Peirce (1839-1914), o qual estipula, a priori, um interpretante que se relaciona à ordem dos processos mentais (PEIRCE, 2003). Na opinião dos autores, essa relação da representação com a esfera do psicológico pode ter sido um dos motivos para que a filosofia contemporânea da linguagem tenha desqualificado-a como um conceito operatório para explicar as relações entre mundo, linguagem e mente (BRANQUINHO; MURCHO; GOMES, 2006, p. 690). Todavia, apresentaremos neste trabalho outras aproximações filosóficas, propondo que esse afastamento pode ser devido a uma tomada de posição imprópria ao sentido original do processo de representação: a desconsideração de sua *função medial simbólica*.

Sob o ponto de vista desta investigação, o entendimento sobre como uma instância mediadora celebra a participação de signos em um processo de representação se desenvolve melhor a partir de uma proposição central da *Filosofia das Formas Simbólicas* (original de 1929) de Ernst Cassirer (1874-1945): a noção de *pregnância simbólica*<sup>1</sup>. A priori, para Cassirer, um representante só o é para alguém, e há sempre algo para o qual o representante possui significado na semiose. A *pregnância simbólica* é a “condição de possibilidade de toda mediação por símbolos” (PORTA, 2002, p. 149), a condição para que esses símbolos possam ser interpretados por meio de usos em diferentes formas simbólicas.

O termo *pregnância simbólica* trata da relação vital entre a percepção e o significado. O presente está grávido de futuro e não é um acúmulo quantitativo de imagens, assim como não é sua combinação ou sua vinculação associativa. Somente a relação, o ir e vir entre representante e representado resulta em conhecimento para o sujeito dos objetos

---

<sup>1</sup> *Symbolische Präganz*

da semiose, sejam esses objetos reais ou não (CASSIRER, 1998, p. 239). Para que haja integração na apreensão do todo semiótico partindo-se de um só momento, um fitar no tempo e no espaço, são necessárias certas leis que regulem os passos de um momento ao outro. Analogamente, podemos considerar que uma representação estrutural não é a soma de seus elementos simbólicos, e nem mesmo que essa soma necessita constituir partes relacionadas ao objeto dessa representação. Defendemos que essa representação possui certo caráter regulado por um sistema de leis, nos mesmos termos defendidos por Cassirer. Esse sistema que atribui verossimilhança e organiza o processo semiótico denominamos *base normativa* da representação estrutural.

Ernst Cassirer emprestou seu conhecimento ao exercício de uma reflexão sobre fórmulas estruturais muito antes que se pudesse pensar em uma epistemologia para esse domínio do conhecimento. Ele reconheceu antecipadamente os problemas de vínculos isomórficos nos processos de representação simbólica na química, e indicou que há certo modo independente na evolução da “linguagem de fórmulas que estabelece a sistemática universal dos objetos e fenômenos da natureza” (CASSIRER, 1998, p. 511). Cassirer reconheceu que a química se converteu em uma “ciência” não somente por meio do aperfeiçoamento de seus métodos de medida, mas fundamentalmente por um aprofundamento intelectual que teve que percorrer “desde a fórmula química até a fórmula estrutural” (ibidem).

Nosso trabalho salienta o processo de mediação como uma função privilegiada do uso de representações estruturais no Ensino Superior de Química. Nesta defesa, utilizaremos à tese da *mediação semiótica* de Lev Vigotski (1896-1934), que destaca o aspecto indireto das operações psicológicas como uma característica essencial dos processos mentais superiores (VIGOTSKI, 2007, p. 41), e que qualificam esses instrumentos de mediação como ferramentas (GIORDAN, 2008). Tomaremos que os signos que constituem os diversos meios mediais simbólicos em uso no Ensino Superior de Química podem assumir o papel de ferramentas nos termos defendidos por Vigotski, e vamos apresentar algumas características próprias destas ferramentas em sua atividade simbólica.

Nossos objetivos estão alinhados com a possibilidade de examinar e compreender, tanto por meio de reflexões teóricas, quanto por meio de estudos empíricos na sala de aula do ensino superior de química, os diferentes modos de produção e uso das representações estruturais. Nossa pesquisa focaliza situações de ensino. Consideramos que os modos de produção e uso das estruturas representadas nas atividades didáticas podem ser promovidos por meio de ferramentas que agem de forma medial. Com relação a essa indicação, pretendemos oferecer um debate entre as perspectivas encontradas na Mediação Semiótica de Lev Vigotski e a Filosofia das Formas Simbólicas de Ernst Cassirer.

Nossa questão de partida pode ser formulada nos seguintes termos: quais formas de uso da representação estrutural podem ser colocadas em evidência a partir do estudo de situações em aulas do Ensino Superior de Química, e que tipo de matriz epistemológica concernente a esta noção de representação pode ser proposta a partir de tais formas de uso?

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-FILOSÓFICA**

O processo de representação é identificado como uma relação entre três domínios: algo é representado para algo por meio de algo. Um dos riscos iniciais que se corre no trato com o processo de representação é assumir igualdade entre o representante e a coisa a ser

representada. Para boa parte das situações representativas essa suposição indica posição ingênua frente ao problema, entretanto há momentos nos quais se lida com essa relação de igualdade entre uma coisa e seu signo, talvez a partir de uma grande confiança na aptidão do representante. Mesmo assim, considerar igualdade entre o representante e o representado não significa colocar o objeto diante do sujeito, aniquilando o sistema representativo. Devemos considerar a movimentação de sentido do representante para a igualdade como um movimento simbólico e não como um processo ontológico. Não há restrição ontológica de co-presença do objeto no processo de representação, e na verdade supô-la seria rejeitar a representação. Podemos inclusive representar graficamente coisas que não existem e manter a atribuição de sentido.

Para Edmund Gustav Husserl (1859-1938) muitas das dificuldades encontradas no uso do termo representação podem ser superadas ao considerar-se distinção entre “objeto da representação e conteúdo da representação” (HUSSERL, 1962, p. 322). O conteúdo de uma representação pode ser seu sentido, mas também não é dado que se consiga distinguir um conteúdo exclusivo no caso de um objeto representado. Para Husserl, o conteúdo é a “essência intencional do ato de representar” (HUSSERL, 1962, p. 323) e pode ser admitido como a “soma de todas as propriedades do objeto que podem ser alcançadas por meio da representação” (ibidem). Husserl critica o uso instrumental da representação como processo de substituição e por isso qualificamos sua filosofia como fundamental à nossa discussão. A partir de suas críticas aos pressupostos da razão pura encontra-se uma aproximação inicial ao requerimento mediato do processo representativo. Segundo Pecoraro (2008), a representação em Husserl se opõe à “presentificação direta” (PECORARO, 2008, p. 239) e só pode ser dada por diferentes modos para a aquisição do objeto.

A fenomenologia semiótica de Husserl diferencia signos que representam e que não representam, sendo que os símbolos pertencem à classe dos signos representativos. Um signo representativo é intencional e produz significados, por outro lado, um indício não possui “função significativa” (SANTAELLA; NÖTH, 2005, p. 20). Novamente destacamos que a incompletude para o alcance do objeto não enfraquece o papel do signo gráfico na semiose da representação estrutural, mas conduz ao necessário uso de cadeias representativas imbricadas nas quais conhecer tal imbricação é condição para se conseguir transpor conteúdo de uma representação à outra. Nesse sistema imbricado e intercambiável de representações de representações não há privilégio para nenhum signo. Este sistema de imbricações na proposta de Husserl é constituído pelo meio medial simbólico chamado “representações mediatas” (HUSSERL, 2000, p. 78). Tal processo representa algo por meio de um conjunto de signos que possuem validade em atribuições semióticas nas quais não há co-presença do referente. Tal qual afirma Husserl, sistemas mediais compostos de representações de representações são investimentos semióticos ordinários na prática dos químicos e no Ensino de Química<sup>2</sup>.

Outra competência do processo de representação no Ensino de Química envolve a distinção entre fatos do mundo, ou seus estados, e símbolos que possam estar em relação com eles. Uma vez que os estados das coisas não podem ser sempre transportados para as situações nas quais precisam ser evocados, por exemplo em ações discursivas ou reflexivas, tais relações demandam características nas quais se credita certa especificidade. Para dar conta desse desafio semiótico, Cassirer propõe não haver fatos absolutos ou dados imutáveis, somente proposições orientadas teoricamente em alguma medida. A orientação

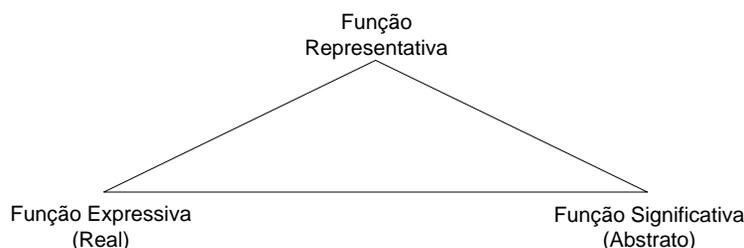
---

<sup>2</sup> Um exemplo pode ser encontrado na transcrição realizada entre projeções, e.g. Newman *versus* Fisher.

teórica dos fatos não é um processo de simples adição do teórico ao factual, ela modifica aquilo que pretendemos como processo de apreensão e interpretação dos fatos. Tanto para Cassirer quanto para Husserl a relativização do objeto emerge da contingência na utilização de diferentes formas de representação. Os estados das coisas designados por símbolos podem ser interpretados a partir de diversos modos de representação.

Afastando-se do modelo mentalístico, no qual a representação conecta uma idéia pré-existente imaterial a um objeto material, Cassirer defende que é o interpretante que mantém os processos nos quais formas simbólicas estruturadas são mantidas e renovadas. Há um “meio simbólico” (HABERMAS, 2001, p. 14) que contém tanto o interno e o externo, não há necessidade de se opor o sujeito ao objeto e conectá-los somente por meio de representações. Cassirer propõe que as atividades do juízo só se tornam possíveis por meio da “intervenção mediadora da linguagem” (ibidem, p. 16).

Para Cassirer o significado simbólico pode surgir tanto a partir da produção de significantes quanto a partir da articulação de dados em diferentes domínios da experiência. A tensão entre uma dimensão totalmente imagética ou plenamente simbólica e aquela inundada de valores sensoriais, é a marca de produção das formas simbólicas, que podem ser qualificadas em três funções organizadoras: (i) *função expressiva* – quando o encantamento e a fascinação levam a impressão sensível a congelar em uma forma pictórica; (ii) *função significativa* – quando prevalece a elaboração conceitual e existe uma articulação prioritária entre noções abstratas; (iii) *função representativa* – quando as duas funções anteriores operam em equilíbrio. Apresenta-se na Figura 1 uma imagem construída a partir das relações entre as funções das formas simbólicas apresentadas por Cassirer.



**Figura 1. Relações entre as funções organizadoras das formas simbólicas.**

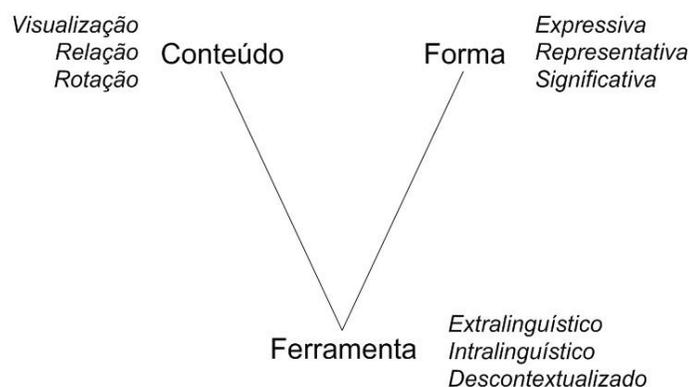
Na imagem acima tomamos o processo constitutivo da função representativa como uma atividade mediadora entre o real-expressivo e o significativo-abstrato. Trata-se de uma formulação imagética advinda das reflexões para este trabalho, não se encontrando no texto original de Cassirer. Contudo, esta formulação representa o cerne de nossa tentativa de aproximação da *Filosofia das Formas Simbólicas* com a atividade mediadora em Vigotski. Assim como a partir de Vigotski tem-se na descontextualização um procedimento para serem alcançados processos concernentes às funções mentais superiores, na *Filosofia das Formas Simbólicas* encontra-se um movimento na mesma direção que prepara para uma nova forma de uso dos signos.

Para que uma função representativa possa adquirir os requisitos da atividade medial simbólica deve-se avaliar seu modo de produção filosófico, mas também seu uso como ferramenta de mediação semiótica. Também para Vigotski as funções mentais superiores devem ser vistas como produto de uma atividade mediada. Na tese semiótica de Vigotski, a mediação propõe como novas ferramentas são necessárias para conduzir atividades laborais cada vez mais sofisticadas, e como sistemas de signos são constantemente utilizados para

mediar os processos sociais e o pensamento. Os sistemas de signos – considerados por Vigotski como ferramentas psicológicas – podem ser vistos como instrumentos socialmente elaborados que desempenham o papel de promoção e controle das atividades de pensamento. Ao modificar o mundo por meio das ferramentas e instrumentos produzidos ao longo da história o homem também se modifica. Esse sentido dialético da atividade humana se repete no plano psicológico para as funções mentais superiores (VIGOTSKI, 2007). Defendemos que uma estrutura analítica que permita o diálogo das Formas Simbólicas de Cassirer com a Teoria Histórico-Cultural colabora para o entendimento dos processos de generalização para signos de magnitude não verbal.

## METODOLOGIA

Os referenciais escolhidos oferecem diferentes panoramas teóricos, e apóiam a tarefa de esclarecimento sobre a inserção de um signo gráfico em atividades de representação no Ensino Superior de Química. Pretende-se criar vínculos entre as questões advindas da análise dos episódios de sala de aula com as perspectivas teórico-filosóficas concernentes à representação estrutural. Na Figura 2 delineamos os eixos analíticos de nossa investigação e suas respectivas subcategorias.



**Figura 2. Eixos analíticos do estudo**

A Figura 2 guarda a ferramenta como solo de produção e de ancoragem da tensão entre conteúdo e forma na semiose. As ferramentas são os meios de produção e de constituição da atividade simbólica a partir de seus usos, e os vértices compreendem escolhas para interpretar tal atividade. Nesse sentido, considera-se que uma ferramenta é o meio de produção de formas simbólicas a partir de certos conteúdos.

A categoria *forma* organiza os atributos decorrentes da Filosofia das Formas Simbólicas de Cassirer com as características de nossa pesquisa em termos da função temporal de uso das ferramentas materiais. Essa organização é proposta no âmbito da ação do signo (semiose) com relação ao ente químico representado. A *função expressiva* indica certa dependência entre o meio material e a atividade simbólica, há junção mimética entre estados de aparência e estados de realidade. A semiose está inscrita em um contínuo de tempo que é selecionado por sua atribuição de uso e que proporciona a estabilidade semiótica. A *função representativa* prevê a dissolução ou diminuição de compromissos miméticos. O signo manifesta causalidades factuais estritamente por meio de adequação a uma base normativa. A semiose se dá por meio de procedimentos de seleção temporais. Nas

formas simbólicas contornadas por uma *função significativa* não pode haver nenhuma pretensão mimética. As manifestações semióticas se confundem com a própria base normativa, podendo vir a ser um de seus elementos constitutivos. O representante assim o é para seu representado independente de qualquer seleção temporal, seja ela contínua ou singular.

A categoria *ferramenta* deriva do reconhecimento do caráter fundamentalmente mediador da atividade simbólica. Essa função medial provém do estudo da noção de *Mediação Semiótica* de Vigotski. As ferramentas mediais simbólicas desenvolvem um processo semiótico exclusivo nas atividades de sala de aula, pois representam o que não pode ser visto através de uma ‘substituição incompleta’ dos entes químicos. Toma-se a liberdade de adotar “as formas de uso do signo na explicação da mediação semiótica”, nos termos indicados por Vigotski (WERTSCH, 1988, p. 123), conforme o Quadro 1.

**Quadro 1. Formas de uso do signo na mediação semiótica proposta por Vigotski**

Tipo de Relação	Formas de Uso dos Signos	
	Contextualizada	Descontextualizada
Objeto–Signo	Contexto extralingüístico	
Signo–Signo	Contexto intralingüístico	Conceito genuíno

A categoria *conteúdo* é trazida como escolha para nossa metodologia pela influência das leituras de Edmund Husserl, e permite propor a ocorrência de conteúdos simbólicos durante a realização de processos semióticos. Nele se reconhece também a aproximação com a química disciplinar que convoca o signo gráfico a agir por meio do uso de diferentes habilidades espaciais. A classificação proposta para as habilidades espaciais usa dois aspectos na sua elaboração. Primeiro, destacar a habilidade de *rotação espacial*, que é indicada na literatura desde longa data como uma das mais importantes e permanentes atividades relacionadas à representação estrutural (HABRAKEN, 1996). Segundo, possibilitar a identificação de existência ou não de relações entre signos por meio de conteúdos espaciais simbólicos. Com isso se pretende verificar a relevância de considerar a habilidade espacial como conteúdo para a atividade simbólica.

Os interesses deste trabalho convergem para a qualificação da sala de aula a partir daquilo que o professor seleciona para realização de suas atividades. A dimensão empírica faz uso de registros de áudio e vídeo que foram obtidos com a anuência de Professores e Alunos de cursos de graduação do Ensino Superior de Química. O material de pesquisa recorta o referimento atribuído aos símbolos pelo professor ao conduzir seu curso, e nesse sentido dá-se especial valor ao aspecto visual do registro “áudio-visual”.

Este material utilizado na pesquisa refere-se a um conjunto de aulas gravadas pelo próprio pesquisador durante os anos de 2005 e 2006, com autorização dos alunos e dos professores envolvidos através de um “contrato de pesquisa”. Foram selecionadas disciplinas que focalizassem em seu programa a discussão de temas elementares da representação para áreas distintas nos cursos de bacharelado e de licenciatura em instituições no estado do Rio de Janeiro. Participaram da pesquisa cinco professores de duas Universidades e um Centro Federal de Educação Tecnológica, os quais oferecem cursos de Licenciatura em Química. A escolha das disciplinas considerou a possibilidade de confrontar situações representativas advindas do domínio da Química Orgânica e da Química Inorgânica. O Quadro 2 apresenta algumas características das disciplinas selecionadas para investigação.

**Quadro 2. Disciplinas pesquisadas nas instituições de ensino superior**

Nome da disciplina na instituição	Período	Quantitativo de alunos
Química Geral Estrutural	Primeiro	44
Introdução à Química de Coordenação	Quinto	31

Duas ferramentas analíticas foram utilizadas na investigação empírica e colaboram no processo de criação e interpretação dos episódios: (i) *mapa de eventos* e (ii) *quadro de episódios*. O mapa de eventos foi desenvolvido a partir da influência de outras pesquisas que consideram intervenções de registro em sala de aula, e que procuram destacar os aspectos não verbais em uso em atividades docentes (MARTINS, 2006). O mapa de eventos foi organizado sequencialmente em relação às aulas de cada disciplina. Seu formato obedece à idéia de um quadro contendo as seguintes colunas: número de ordem, início do evento, fim do evento, natureza do evento, tópicos, ferramentas e detalhamento. As escolhas para recorte de episódios estão ajustadas aos interesses de pesquisa e nos permitem localizar quais eventos privilegiam a conjugação de diferentes tipos de conteúdos associados aos processos representativos em estudo. Na escolha de um evento são excluídos os de caráter organizativo (O) privilegiando-se aqueles de natureza explicativa (E). Foram recortados episódios em um conjunto de eventos que puderam ser reconhecidos como combinando conteúdos relacionados à habilidade espacial (HE) e à técnica de representação (TR). O mapa de eventos permite também integrar a esta seleção episódios que conjugam diferentes ordens de ferramentas mediais, classificadas como: gráfica (P), material (M) e gestual (G). Um fragmento do mapa de eventos da disciplina Introdução à Química de Compostos de Coordenação, escolhido para seleção de episódios pode ser observado na Figura 3.

N.	Início	Fim	Natureza do Evento	Tópicos	Ferramentas	Detalhamento e/ou temas envolvidos
4	00:07:16	00:20:37	(E) Número de coordenação cinco. Características.	(TR) (HE) (CE)	(P) (M)	Estruturas possíveis para número de coordenação cinco: bipirâmide trigonal e pirâmide quadrática. Inicialmente desenhadas no quadro, em seguida montadas pelos alunos no modelo de varetas. A professora pede que um aluno monte a bipirâmide trigonal e outra a pirâmide. A professora confronta as ferramentas materiais com o que está desenhado no quadro. Episódio rico. Alunos tem dificuldade em montar no magnetix as estruturas.

**Figura 3. Fragmento do mapa de eventos como exemplo para a seleção de episódios**

Quando um evento é selecionado a fronteira entre os episódios é demarcada pela verificação da mudança de propósito da ação do professor. Muitas das atividades explicativas encontradas nos eventos que foram mapeados ocorrem a partir do esclarecimento daquilo que se propõe ensinar por meio de “situações-exemplo”. Nesses casos, considera-se um representante que agregue a maior quantidade de funcionalidades em acordo com o que se pretende explicar, por exemplo, uma molécula, uma estrutura, ou uma configuração. A fronteira dos episódios também pode se referir à mudança de exemplos, tratando do mesmo tema. Mas de uma forma geral, consideram-se como elementos para a demarcação de fronteira entre episódios os segmentos que indicam mudança de tema.

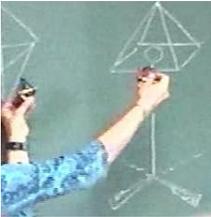
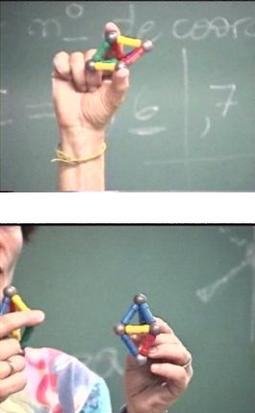
Para a organização e a apresentação dos episódios, com o objetivo de destacar a produção simbólica das atividades em sala de aula, foi proposta a ferramenta *quadro de episódios* com as seguintes colunas, organizadas em seqüências de turnos de fala: numeração da seqüência, sujeito ([P] Professor e [A] Aluno) e transcrição dos turnos de

fala, características da ação no turno e imagens da ferramenta em uso. Dos eventos mapeados foram selecionados treze episódios, propondo-se investigar situações nas quais estão envolvidas múltiplas ferramentas, técnicas de representação e conteúdos espaciais. O tamanho de cada episódio é diferenciado e reflete a oferta de um tema ou o esclarecimento de um problema durante a aula, o qual é identificado pelo título do episódio. Reitera-se que a delimitação de cada episódio procura demarcar uma ação representativa, por meio do propósito dessa ação. A delimitação é facilitada por características enunciativas da ação em curso e é selecionada por envolver como iniciação uma provocação, tanto do professor, quanto do aluno. Uma marca característica dos eventos encontrados nos registros de estudo é a mobilização de alunos em torno de atividades em tempo de aula.

## RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA E DISCUSSÃO

Nesta apresentação escolhemos avaliar um único episódio a partir das nossas categorias de análise. Supomos tal posição como abrangente para colocar em curso a metodologia nas circunstâncias do presente texto. Apresentamos no Quadro 3 um episódio cujo tema trata do estudo de poliedros com número de coordenação cinco, com destaque para a realização da forma de uso que ocorre por meio de uma ferramenta material – o brinquedo magnetix®.

**Quadro 3. Episódio: Poliedros do NC=5 com ferramentas gráficas e magnetix®**

S.	Transcrição	Ação no Turno	Ferramenta no Turno
1	<p>1 (P) Vocês montaram... (risos)... não é bem isso.</p> <p>2 (P) Não sabe brincar não... deixa eu ver...ah vocês sabem brincar com esse brinquedinho.</p> <p>3 (P) Aqui ó... muito bem. Pirâmide de base quadrática.</p>	<p>Professora pede que alunos montem os poliedros correspondentes ao número de coordenação cinco usando a ferramenta material magnetix®. Após algum tempo os grupos entregam as montagens. A professora percebe que uma montagem está incorreta e brinca com o grupo.</p>	 <p>Pirâmide quadrática      Bipirâmide Trigonal</p>
2	<p>4 (P) Então, esse brinquedinho agente brinca assim: cada esfera representa um ligante. Esse brinquedinho permite agente representar o poliedro definido pelos ligantes, vocês estão vendo aqui.</p> <p>5 (P) Que é essa representação aqui gente.</p>	<p>Enquanto fala, a professora segue montando o poliedro que um dos grupos não havia conseguido montar (bipirâmide trigonal). Em seguida, vai ao quadro e compara as ferramentas materiais com as ferramentas gráficas no quadro, colocando uma sobre a outra.</p>	
3	<p>6 (P) Bom, eu mostrei para vocês usando esses esqueminhas aqui (ferramentas materiais em bastão) como essas duas estruturas são semelhantes, e agora agente vai ver como é que essas duas estruturas de fato são semelhantes.</p> <p>7 (P) Veja aqui se eu aproximar esse dois ligantes... aqui eu vou ter a mesma estrutura.</p>	<p>A professora pega a ferramenta material que corresponde ao poliedro pirâmide quadrática e faz um movimento de aproximação de duas esferas metálicas opostas da base da pirâmide, destacando esse movimento para a turma com o braço para cima.</p> <p>Em seguida a professora pega a outra ferramenta material, montada pelos alunos com a forma bipiramidal trigonal, e compara com a que foi produzida com o movimento das esferas a partir da forma piramidal quadrática, colocando-as uma ao lado da outra.</p>	

Neste episódio tem-se a atividade de conteúdos espaciais simbólicos que conjugam habilidades de *visualização e relação*. Em termos do uso da habilidade de visualização, destaca-se o foco do episódio em torno do reconhecimento de topologias e formas, em detrimento de estruturas propriamente ditas. O trabalho de visualização desse episódio concentra-se na apresentação das semelhanças e diferenças das duas topologias associadas aos compostos de coordenação que possuem número de coordenação cinco. O episódio envolve a habilidade de *relação entre ferramentas de mesma ordem* (duas ferramentas materiais), bem como a *relação entre ferramentas de ordens distintas* (ferramenta material e ferramenta gráfica).

Consideramos que as *ferramentas materiais e gráficas* deste episódio apóiam-se no privilégio de um *modo intralingüístico de uso*. Tal modo pode ser considerado na seqüência dois, quando a professora se aproxima do quadro para propor uma relação entre as ferramentas gráficas e as ferramentas materiais. Essa relação intralingüística procura oferecer identidade entre topologias encontradas nas duas ferramentas de ordem diferente.

Neste episódio depreende-se a ocorrência de instâncias privilegiadas de uso para situações que envolvem ferramentas materiais. Uma ferramenta material pode sobrepujar o privilégio de outra ferramenta com relação a uma determinada forma de uso. No turno seis desse episódio a professora coloca a ferramenta material em uso como uma forma privilegiada em relação àquela que tinha sido usada em um evento anterior, ao destacar que essa nova ferramenta “de fato” permitirá “ver” como as estruturas são semelhantes. Esse privilégio pode ser correlacionado com a percepção de que a *ferramenta material* realiza uma *forma simbólica expressiva*. Tal consideração leva em conta a seleção de um contínuo do tempo para favorecer a apresentação do movimento associado à transformação de uma topologia em outra, e amplia a percepção do conteúdo simbólico dessa relação.

Além da forma simbólica expressiva em uso por meio da ferramenta material, tem-se também a realização de uma forma simbólica tipicamente representativa durante a *relação intralingüística* da seqüência dois. Nesse caso as *ferramentas gráficas são comparadas com as ferramentas materiais* em um *processo* tipicamente *representativo*, no qual se toma uma *seleção temporal específica* para promover a relação de identidade entre as ferramentas de diferente ordem. No Quadro 4 são mostradas as atribuições categoriais encontradas no episódio três com relação aos conteúdos, ferramentas e formas simbólicas.

**Quadro 4. Atribuições categoriais para as seqüências do episódio apresentado**

Seqüências do episódio	Categorias		
	Conteúdo espacial	Ferramenta em uso	Forma simbólica
1	Visualização	Intralingüístico	Representativa
2	Relação espacial	Intralingüístico	Representativa
3	Visualização e relação espacial	Intralingüístico	Expressiva e representativa

O Quadro 4 sugere a prevalência de usos intralingüísticos conjugados com conteúdos espaciais relacionados à habilidade de relação e visualização espacial. Por outro lado, com relação às formas simbólicas associadas a esses usos, tem-se a distinção da forma representativa como permanente ao longo do episódio. Uma vez que se consagrou nas escolhas metodológicas destacar episódios com usos de diferentes ferramentas, a

associação de formas simbólicas representativas em usos intralingüísticos deve ser considerada como uma escolha favorável ao ensino de representação estrutural.

A associação representativa entre ferramentas é coerente com os processos desenvolvidos em sala de aula, e procuram criar diferentes ambientes para esclarecer as representações gráficas para o domínio dos estudantes. Diferentes situações são criadas com a intenção de favorecer a compreensão de como e quando usar ferramentas gráficas. As formas gráficas de representação devem ser seleções temporais, ainda que muitas vezes pretendam representar processos dinâmicos, elas informam sobre um momento do ente químico. Contudo, a aquisição de um processo de representação corresponde justamente a superar essa limitação temporal, e essa superação é delineada pelo uso de ferramentas em modos intralingüísticos, em um jogo entre ferramentas por meio de suas relações.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo representativo como mediador oferece uma maneira mais coerente e menos ingênua de lidar com o tema de estudo do presente trabalho. Nesse sentido, propomos que as diferentes formas de uso encontradas para referenciar os entes da química possam estar vinculadas a modos que se assemelham às Formas Simbólicas em cooperação com a Mediação Semiótica. As aproximações possíveis entre as formulações de Cassirer e Vigotski não se esgotam na função mediada da representação. Cassirer proporciona uma leitura próxima da atividade simbólica em geral, inclusive na ciência.

Consideramos ter conseguido formular como pode ser frutífera a imbricação entre Formas Simbólicas e Mediação Semiótica, em um novo modo de interpretar a atividade representativa na Química. Essa imbricação também se manifesta ao admitirmos que formas simbólicas expressivas possam assumir modos de uso intralingüísticos para o esclarecimento de ferramentas gráficas, em atribuições ontológicas processuais tipicamente relacionadas ao contínuo do tempo. Particularmente, consideramos em especial a oportunidade de refletir sobre o tempo em processos representativos, uma característica que determinou uma espécie de “virada epistemológica” e conferiu um novo caminho filosófico para a Teoria Estrutural na Química.

Defendemos a prioridade do caráter simbólico da representação estrutural para a manutenção da comunicação e com promoção da atividade de criação, típicas do ambiente didático no qual se insere esta noção. Tal caráter se vale da permanente relação com a *base normativa*, que corresponde a um conjunto de normas, convenções, conceitos e produtos negociados pela comunidade que controla e usa a representação estrutural. A *base normativa* relaciona conceito e convenção, unindo estruturas intelectualmente elaboradas e formas de comunicação. Essa relação permite estender a representação estrutural para o exercício de seu caráter preditivo, pois os pares da comunidade de referência podem utilizar a síntese de um conhecimento anterior na criação de novos entes ou na previsão de suas propriedades.

Nossas proposições contrapõem-se ao que a literatura apresenta como “níveis de representação” (RAPPOPORT; ASHKENAZI, 2008). Cremos que não é possível conviver com as descrições oferecidas para a função representativa da Química em termos dos níveis: macro, sub-micro e representativo. Confiamos na perspectiva de oferecer um novo quadro teórico-filosófico para este tema, abraçando a dimensão epistemológica e ontológica dos entes da Química. O caráter simbólico do signo da representação estrutural pode ser compreendido de maneira mais adequada quando se coloca o conteúdo como o sentido

original desse signo, mas que só pode conseguir significado, uma forma, por meio do uso de diferentes ferramentas mediais simbólicas.

Finalmente, nossa análise pode se tornar mais robusta na medida em que ampliarmos nosso estudo com relação à função representativa em termos das diferentes ordens das ferramentas que encontramos em nossos episódios. Pretendemos avançar na pesquisa e propor uma função epistemológica para análise do conhecimento proveniente de cada Forma Simbólica. Temos interesse no estudo das diferentes formas simbólicas expressivas, tentando configurá-las para formas de uso que abracem as ferramentas computacionais, cada vez mais importantes no cenário do Ensino Superior de Química.

## REFERÊNCIAS

- BRANQUINHO, J.; MURCHO, D.; GOMES, N. **Enciclopédia de termos lógico-filosóficos**. São Paulo: Martins Fontes, 2006. 824 p.
- CASSIRER, E. **Filosofia de las formas simbólicas: fenomenologia del reconocimiento**. México: Fondo de Cultura Económica, 1998. 558 p.
- GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008. 325p.
- GOODWIN, W. M. Structural fórmulas and explanation in organic chemistry. **Foundations of Chemistry**, v. 10, n. 2, p. 117-127, 2008.
- HABERMAS, J. **The liberating power of symbols**. Cambridge: MIT Press, 2001. 130 p.
- HABRAKEN, C. Perceptions of chemistry: Why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences, so distorted? **Journal of Science Education and Technology**, v. 5, n. 3, 1996.
- HUSSERL, E. **Recherches Logiques**. Paris: Presses Universitaires de France, 1962. 392 p.
- \_\_\_\_\_. **Investigações Lógicas**. Coleção Pensadores. São Paulo: Ed. Nova Cultural, 2000, 224 p.
- MARTINS, I. Dados como diálogo: construindo dados de registros de observação de interações discursivas em salas de aula de ciências. IN: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.
- PECORARO, R. Edmund Husserl. In. **Clássicos da Filosofia**. Rio de Janeiro: Ed. da PUC Rio, 2008.
- PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 2003. 337 p.
- PORTA, M. A. G. **A filosofia a partir de seus problemas**. São Paulo: Ed. Loyola, 2002.
- RAPPOPORT, L. T.; ASHKENAZI, G. Connecting Levels of Representation. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 12, p. 1585-1603, 2008.
- SANTAELLA, L.; NÖTH, W. **Imagem: cognição, semiótica, mídia**. São Paulo: Ed. Iluminuras Ltda, 2005. 222 p.
- VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 182 p.
- WERTSCH, J. **Vygotsky y la formacion social de la mente**. Barcelona: Paidós, 1988.