

# **METODOLOGIA PARA ESTUDO DE UM CAMPO CONCEITUAL NA QUÍMICA: REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL NO ENSINO SUPERIOR**

## **A METHODOLOGY FOR STUDYING A CONCEPT FIELD IN CHEMISTRY: STRUCTURAL REPRESENTATION IN HIGHER EDUCATION**

**Waldmir Araujo Neto  
Marcelo Giordan**

Universidade de São Paulo / Faculdade de Educação, waldmir@usp.br

### **RESUMO**

O trabalho apresenta uma estratégia metodológica para investigar a noção de representação estrutural como um campo conceitual na química, e faz um exame exploratório inicial utilizando-a em duas instituições federais de ensino superior. Uma das premissas apresentadas refere-se à estruturação de um viés epistemológico que oriente a investigação empírica, escolhendo-se a filosofia de Ernst Cassirer. Considera-se também a possibilidade de dilatação da noção de situação de estudo, sob a ótica Gerard Vergnaud, com o objetivo de incluir atividades de sala de aula como uma opção para a formulação do campo conceitual. Os resultados do exame exploratório revelam uma confluência inicial das propostas epistemológicas de Cassirer com a Teoria Vergnaud. Destaca-se também a permanente exigência, por parte dos professores envolvidos na pesquisa, da imaginação como recurso para a correta apreensão e raciocínio das representações estruturais.

**Palavras-chave:** Campo Conceitual, Representação Estrutural, Ensino de Química.

### **ABSTRACT**

The work presents a methodological proposal to investigate the notion of structural representation as a conceptual field in chemistry. It makes one initial exploratory examination using a proposal in two federal institutions of superior education. One of the presented premises mentions the philosophy of Ernst Cassirer as a structure axis for the design of the epistemological frame of the investigation. The dilatation of the Vergnaud's "study situation" is also considered for the inclusion of classroom activities. The previous results disclose some strong confluence between Cassirer's epistemology and the pedagogical proposals of Vergnaud. Imagination is mentioned by the teachers as a key concept for the learning of chemistry structural representations.

**Keywords:** Conceptual Field, Structural Representation, Chemistry Teaching.

## INTRODUÇÃO

O papel dos modelos icônicos como ferramentas de representação tem sido subestimado desde a formulação da mecânica quântica pelo incremento de questões e perspectivas reducionistas. Tem havido um distanciamento da abordagem qualitativa ou descritiva na química em prol de uma interpretação reducionista e cada vez mais próxima da física quântica. Recentemente, Zylbersztajn (2003) revelou uma pesquisa focalizando a tensão existente na comunidade brasileira de especialistas acerca das questões reducionistas provenientes da sobrevalorização da mecânica quântica. Na mesma perspectiva, Bastos Filho (2003) apresenta questões epistemológicas intensas e contundentes sobre os problemas da realidade também no contexto da mecânica quântica.

Aqueles que se opõem a esse olhar exclusivo para a química quântica convocam para a necessidade de um renascimento qualitativo na química (van Brakel e Vermeeren, 1981; Zuckermann, 1986). Um dos argumentos apontado é que a química quântica não apresenta nenhuma capacidade de predição para a reatividade dos elementos além daquela fornecida pela química descritiva (Scerri, 1994). Esse processo reducionista que se configura a partir da sobrevalorização de descrições quânticas, tem sido objeto de discussão, principalmente, por praticantes de uma área emergente: a filosofia da química.

Os filósofos da química têm trazido para o debate questões acerca da representação estrutural envolvendo questões epistemológicas, nas quais se apresenta a necessidade de uma nova conceituação teórica e de atributos que trate da disputa entre modelos moleculares rígidos e dinâmicos (Zeidler, 2000), caracterizando-se como necessária o debate a respeito da ontologia dos objetos da química (Del Re, 1998). As questões concernentes ao real também participam da pesquisa em Ensino de Ciências, onde Oliveira (2003) procura discutir as implicações que a noção de realidade ou do realismo científico pode configurar para o ensino de ciências.

Uma boa parte dos debates que tratam das questões de realidade e reducionismo inclui uma revisão histórica sobre o processo de modelagem e de criação de representações estruturais na química (Weininger, 1998). Todos consideram a construção e o uso de modelos representacionais uma atividade central na formação do químico. Os modelos possuem a função de tornar visível o mundo invisível de átomos e moléculas e ocupam uma posição intermediária entre objetos materiais e a linguagem escrita das fórmulas químicas. Para os autores, o caráter especial dessa forma de representação está associado à ausência de uma sofisticação matemática explícita, que mesmo assim continua possuindo um considerável poder explanatório (Ramberg, 2000).

Na química, as representações físicas e simbólicas tiveram maior impulso no século XIX, quando os químicos conduziram com mais intensidade a arte de criar átomos e moléculas e de torná-los “visíveis”. Pelos anos de 1850, os químicos já haviam mergulhado nas possibilidades de representação, criando um verdadeiro programa de pesquisa baseado em modelagem (mental e conceitual) e representação. Curiosamente, esses modelos originais não queriam significar moléculas e átomos no sentido físico, mas sim configurar possibilidades de arranjo ou de interpretação da estrutura do “corpo químico” (Araujo Neto, 2003).

No âmbito da educação em química, a aprendizagem das representações estruturais é uma atividade central que se realiza de forma mais ampla e vertical no ensino superior tanto para os licenciandos, como para os bacharéis em química, químicos industriais, engenheiros químicos e outras carreiras afins. A proposta da presente pesquisa é focalizar o ensino superior de química, procurando, com essa escolha preencher a atual lacuna de pesquisas sobre o ensino superior de química (Schnetzler, 2002) e de parcerias dos professores universitários com a educação em química.

O que apresentaremos aqui é a investigação exploratória que opera uma metodologia proposta para a qualificação da representação estrutural como campo conceitual nos termos da

Teoria de Gerard Vergnaud. Para responder a essa pergunta – representação estrutural é um campo conceitual da química? – uma das focalizações pretendidas é a identificação do modo de apreensão da noção de representação estrutural no ensino superior, ou seja, aquela que pretende informar o praticante da química acerca da disposição dos átomos dos elementos que constituem uma molécula. Pretende ainda verificar como os modelos e os processos de modelagem que são utilizados na formação dos bacharéis e licenciados em química proporcionam explicações para propriedades observadas no universo fenomênico. Pretende-se estudar o estado de utilização da modelagem – mental e conceitual – em torno de um domínio específico, a saber, a representação estrutural, destacando-se a tensão entre representação proposicional e representação icônica (equações matemáticas versus estruturas químicas).

## REFERENCIAL TEÓRICO

A teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1996) é considerada como uma ampliação, e uma mudança de direção, em relação à teoria piagetiana das operações lógicas e das estruturas gerais do pensamento, para interpretar o funcionamento cognitivo do sujeito. Segundo Vergnaud (apud Moreira, 2002), o desenvolvimento cognitivo depende de situações e de processos de elaboração de conceitos específicos, sendo um caminho infrutífero a tentativa de reduzir a complexidade conceitual a um único tipo de lógica geral. Entretanto, Vergnaud reconhece a importância do trabalho de Piaget, destacando as idéias de adaptação, desequilíbrio e reequilíbrio como eixos importantes para a investigação em didática das Ciências e Matemática. Vergnaud também reconhece que a teoria dos campos conceituais foi desenvolvida a partir do trabalho de Vigotsky, considerando a importância da interação social, da linguagem e da formação de símbolos no domínio progressivo de um campo conceitual pelos estudantes.

O Campo Conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros, atrelados, provavelmente, durante o processo cognitivo. Outras definições, atribuídas pelo próprio Vergnaud aos Campos Conceituais, são: um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados, ou, de forma mais simples, um conjunto de situações cujo domínio requer, por sua vez, o domínio de vários conceitos de naturezas distintas.

Segundo Moreira (2002), três argumentos principais levaram Vergnaud ao conceito de campo conceitual: um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação; uma situação não se analisa com um só conceito; a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo extenso, com analogias e mal entendidos. O campo conceitual é considerado como uma unidade de estudo que procura dar sentido às dificuldades encontradas no processo de conceitualização do real.

O conceito é definido por Vergnaud como um tripleto,  $C=(S, I, R)$ , no qual: S é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito; I é um conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito, ou o conjunto de invariantes reconhecidos pelo sujeito para analisar as situações de estudo; R é o conjunto de representações simbólicas (linguagem, diagramas, gráficos, etc.) utilizadas para indicar os invariantes, as situações e os procedimentos. Ou seja, S é o referente do conceito, I é o significado e R é o significante. No tripleto (S, I, R), S é a realidade, (I, R) a representação, considerada a partir do significado (I) e do significante (R).

As situações constituem a entrada de um campo conceitual. A situação é um conjunto de tarefas que dão sentido ao conceito. O conceito torna-se significativo através de uma variedade de situações. As relações que o sujeito estabelece com as situações e com os significantes proporcionam o sentido. Um significante ou uma situação podem evocar no sujeito esquemas

que constituem o sentido dessa situação ou desse significante. O esquema é uma organização invariante para uma determinada situação ou classe de situações. Um esquema é um universal eficiente para um conjunto de situações e pode gerar diferentes seqüências de ações, procedimentos de coleta e controle de informações, dependendo de cada situação característica em particular. Os esquemas necessariamente se referem a situações, a ponto de Vergnaud considerar o estudo da interação sob a perspectiva *esquema-situação* do que *sujeito-objeto*, como preferia Piaget.

Os componentes de um esquema são: (i) objetivos e antecipações; (ii) regras de ação do tipo *se – então* que controlam a informação e proporcionam regras de busca, permitindo a seqüência de ações do sujeito; (iii) invariantes operatórios – *teoremas em ação* e *conceitos em ação*, que permitem que o sujeito reconheça os elementos pertinentes à situação e a categoria de informação que corresponde a tal situação; (iv) possibilidades de inferência – os raciocínios, que permitem ao sujeito determinar as regras e antecipar informações a partir de invariantes operatórios.

Os invariantes operatórios, cujas categorias principais são teoremas em ação e conceitos em ação, constituem a base conceitual implícita, ou explícita, que permite obter a informação pertinente, os objetivos a serem alcançados, sendo responsável também pela inferência das regras de ação pertinentes. São os invariantes operatórios que fazem a articulação essencial entre teoria e prática. A busca e a seleção da informação estão baseadas no sistema de conceitos em ação que o sujeito possui e nos teoremas em ação que estão subjacentes a sua conduta. Para Vergnaud (1996) um teorema em ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real e um conceito em ação uma categoria de pensamento considerada como pertinente.

## **METODOLOGIA**

A metodologia oferecida para debate por meio desta abordagem explorativa pressupõe a existência de algumas características intrínsecas do objeto campo conceitual da representação estrutural. Primeiramente, a inexistência de antecedentes da apropriação da Teoria de Vergnaud pelo Ensino de Química implica alguma cautela no desenho metodológico da investigação que se pretende. Os exemplos de utilização advindos da Matemática e da Física são categoricamente fecundos e inspiradores da necessidade de experimentar soluções metodológicas próprias, tendo em vista a necessidade de relativização que decorre da heterogeneidade de uma situação de estudo, conforme proposta por Vergnaud.

Uma questão selecionada como de interesse fundamental para o estudo se refere a possibilidade de serem traçados dois eixos definidores do caminho estratégico a ser percorrido no trabalho empírico. Um dos eixos é constituído pela seleção de um quadro epistemológico de estudo para a representação estrutural na química. O segundo eixo trata da aquisição de material empírico em si, tendo como premissa a dilatação da investigação de situações de estudo para além da resolução de problemas. Esse segundo eixo formaliza uma estratégia de captação de imagens e áudio de aulas do ensino superior que tratam de representação estrutural e um cruzamento dessas informações com as obtidas a partir dos testes e exames aplicados pelo próprio professor em sala de aula.

### **Necessidade de um referencial epistemológico**

O que é a representação? Segundo Santaella e Nöth (2005) o conceito de representação tem sido um conceito chave da semiótica desde a escolástica medieval, na qual se fazia referência a signos, símbolos, imagens e outras formas. Hoje a representação se encontra no centro de algumas teorias cognitivistas, mormente as que tratam de questões como a representação analógica, digital, proposicional e de maneira geral a representação mental.

Existem descrições diversas para o conceito de representação, e considera-se que sua significação encontra-se entre a apresentação e a imaginação – o *Vorstellung* de Immanuel Kant. Entretanto, as delimitações são variadas e quase sempre incompletas, assumindo um caráter contingente que serve a diferentes domínios. No livro de Santaella e Nöth (ibidem), encontram-se quatorze interpretações diferentes e exclusivas para o conceito de representação, fora aquelas que vão se misturando aos conceitos adjacentes de imagem e signo. Em uma perspectiva mais filosófica, Mario Bunge (2002, p. 343) define representação como “uma tradução conceitual, visual, auditiva ou arti-fatual de um objeto (material ou ideal)”. Observe-se que Bunge considera como realistas ingênuos aqueles que acreditam que as verdadeiras representações espelham fatos que são únicos (ibidem, p. 344). O próprio Vergnaud qualifica a representação como um conceito difícil (Vergnaud, 1998). Em sua concepção os Behavioristas pretendiam se livrar dele adotando termos como “concepção”, “raciocínio” ou até “codificação”. Muitos pesquisadores da cognição têm tentado evitar o problema reduzindo a representação como um mecanismo de produção de regras.

Esse quadro polissêmico é o que faz da representação um importante elemento de pesquisa em diferentes domínios do conhecimento. Quando tratamos de Ensino de Ciências, não há como escapar de aspectos representacionais. Contudo, o objeto desta pesquisa focaliza-se em um formato exclusivo de representação, e ao admitir a existência de pelo menos alguns tipos de representação faz-se necessário formular as características filosóficas dessa representação (estrutural) da química.

A propósito da formação de um quadro epistemológico de referência para a representação estrutural na química, toma-se como ponto de partida a Filosofia das Formas Simbólicas de Ernst Cassirer (1874-1945). Essa opção recebe influência das pesquisas que inauguraram debates quanto a Filosofia da Química (Schummer, 1998; Ramsey, 1997; Spector, 2003; Scerri et al., 1997) e que recomendam a investigação das questões propostas por este autor. Outro estímulo-desafio para tal escolha refere-se à pequena quantidade de aproximações filosóficas no Brasil que utilizaram as posições neo-kantianas, em especial a de Cassirer.

### **Situações de estudo provenientes de salas de aula**

As pesquisas que utilizam situações de estudo derivadas do referencial teórico de Vergnaud são, sobretudo, analisadas sob a inferência da metodologia de resolução de problemas (Souza e Fávero, 2002; Llancaqueo et. al., 2003; Costa e Moreira, 2003). Os exemplos derivados da física têm avaliado com muita propriedade as dificuldades encontradas por alunos, de diferentes níveis de ensino, em expressar a cadeia conceitual implícita durante a submissão a um conjunto de problemas.

As situações de estudo, consideradas principalmente como tarefas desempenhadas pelo aprendiz no processo de apreensão de um campo conceitual, podem ser consideradas como as unidades metodológicas de análise das pesquisas submetidas ao referencial teórico de Vergnaud. Como assinalado pelo próprio Vergnaud (ibidem), as situações de estudo são identificadas como a entrada de um campo conceitual. Elas realizam as possibilidades conceituais de aprendizagem do sujeito.

Nossa estratégia metodológica subverte a exclusividade da resolução de problemas como condição para a apropriação desses esquemas como atividades invariantes que o sujeito utiliza em um núcleo de atividades de aprendizagem. Acreditamos na verdade que há uma necessidade de dilatação na demarcação dessas situações de estudo. Propomos no presente trabalho a qualificação da própria sala de aula como núcleo de uma rede de atividades para a formulação de situações de estudo. Esta rede ocupa o lugar de uma unidade metodológica de estudo.

A justificativa por essa opção reside na oportunidade que a sala de aula fornece como meio de intercomunicação, na qual o professor apreende as participações de cada aluno em

relação a um conjunto de atividades propostas ou negociadas. No decorrer de um curso ou disciplina são propostos problemas, exercícios, testes, provas, seminários, situações de estudo que vão ser ampliadas por atividades que também se prolongam fora da sala de aula.

O modelo metodológico prevê três momentos ou tipos de atividades que compõem a rede de situações de estudo: (i) filmagem de aulas de professores/pesquisadores, em disciplinas que estejam relacionadas à representação estrutural; (ii) estudo das avaliações utilizadas pelos professores/pesquisadores em suas disciplinas; (iii) estudo dos problemas/situações de estudo apresentados pelos livros referidos como bibliografia nos cursos estudados. Nesta investigação explorativa não trataremos das atividades apresentadas pelos livros didáticos sugeridos nas disciplinas.

A investigação faz referência a dados obtidos a partir da análise de eventos transcorridos no departamento de química de duas unidades federais de ensino superior do estado do Rio de Janeiro. Em cada um desses centros foram filmadas duas aulas referindo-se ao tema “estereoquímica”. Foram conseguidas cópias das soluções dos alunos para testes e atividades propostas pelos professores nesse período. Durante a filmagem das aulas também foram feitas são feitas anotações.

Os eventos escolhidos para acompanhamento nesse movimento exploratório de estudo são aulas que tratam do tema *estereoquímica*. A estereoquímica – do grego *stereós* = sólido – é uma subárea curricular da química orgânica que trata das implicações das moléculas químicas em três dimensões. Poderíamos admitir que: se todas as moléculas químicas são admitidas existir em três dimensões, logo a estereoquímica trata de todos os processos envolvendo moléculas químicas. Verdadeiramente não. Segundo as referências indicadas como bibliografia dos cursos pesquisados, a estereoquímica vem para o debate na química apenas quando as representações em duas dimensões se tornaram incapazes de atribuir diferenças estruturais a partir de propriedades observadas (Eliel e Wilen, 1994). Tomaremos esse enquadramento histórico como provisório, uma vez que uma leitura mais detalhada desse assunto será feita posteriormente em nossa pesquisa.

### Qualificação das situações de estudo

São apresentadas aqui as características das aulas de “estereoquímica” acompanhadas para esse estudo, duas em cada instituição federal de ensino superior, conforme qualificação na tabela 1. Os nomes das unidades de ensino não serão apresentados em acordo com o termo de compromisso assinado pelos alunos que participaram da investigação. Entretanto, podemos qualificar a primeira como Centro Federal de Educação Tecnológica e a segunda como Universidade. Na primeira, as atividades são internas à disciplina “Química Orgânica I” e na segunda são específicas de uma disciplina intitulada “Estereoquímica”. As instituições serão tratadas aqui por IE1 e IE2.

**Tabela 1: Qualificação do conteúdo “estereoquímica” nas unidades de ensino investigadas**

Parâmetro de qualificação	IE1	IE2
Natureza da disciplina na IE	Obrigatória (Química Orgânica I)	Optativa (Estereoquímica)
Cursos aos quais se destina	Licenciatura em Química e Tecnólogo em Produtos Naturais.	Licenciatura em Química, Bacharelado em Química e Engenharia Química.
Período sugerido	Segundo	Quinto
Alunos inscritos	11	6 (1 ouvinte)

Carga horária total (Estereoquímica)	15 horas (6 horas por semana)	30 horas (2 horas por semana)
---	----------------------------------	----------------------------------

### Categorias de análise

Foram escolhidas categorias de análise que pudessem, a partir das atividades em sala de aula, serem postas em interlocução com os exercícios/avaliações propostas aos alunos. Tais categorias também recebem influência do referencial epistemológico escolhido para debate. As tipificações propostas são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2: Categorias de análise e Tipificações propostas**

Nº.	Categoria	Tipificação proposta
1	Natureza ôntica e epistemológica dos objetos moleculares.	Verifica o quadro ontológico referente das representações enquanto objetos de estudo e as suas possibilidades de objetivação.
2	Recursos instrucionais utilizados.	Verifica o tipo de suporte representacional utilizado.
3	Questões em desacordo nas avaliações propostas.	Verifica as anotações e comentários feitos pelo professor nas provas e listas de exercícios propostas.

## RESULTADOS

Os resultados a que nos referimos aqui dão conta da utilização da metodologia nas duas situações pesquisadas e sua apresentação dividiu-se com relação aos eixos apresentados anteriormente.

### Representação estrutural nas formas simbólicas de Cassirer

O filósofo neo-kantiano Ernst Cassirer defendeu a tese de que a arte e as formas do mito, da linguagem e da ciência constituem o modo possível de mediação entre o homem e a sua realidade. São essas chamadas formas simbólicas que, com sua função de atribuição de sentido, não apenas permitem a compreensão da realidade, mas a constituem. Neste sentido, Cassirer supera a perspectiva kantiana ao afirmar que a realidade revelada pela arte é tão verdadeira quanto aquela apontada pela ciência. Enquanto Kant afirma que o conhecimento se dá a partir das formas puras da sensibilidade - espaço e tempo -, para Cassirer, o conhecimento pela arte ou por qualquer outra forma simbólica dá-se a partir das modalidades categoriais e do processo a que denominou *pregnância* (estabilidade da forma) simbólica.

A fundamentação epistemológica do progresso científico está associada à transição do conceito de substância para o conceito de função. Tradicionalmente, as substâncias foram vistas como aquilo que podia existir de forma independente e permanecer constantes a despeito de toda sorte de acidentes a que fossem expostas. Ao lado dessa perspectiva tradicional começou a formar-se, durante a revolução científica, uma nova visão. O foco não estava mais na observação da relação de substâncias com acidentes, mas nas relações entre magnitudes que podiam ser expressas por equações matemáticas. Sob esta base histórico-epistemológica, Cassirer sumariza

o início da transição do conceito de substância para o conceito de função. Para ele, há uma primazia do conceito de lei sobre o conceito de matéria ou de objeto.

A avaliação de Cassirer sobre o estado do conhecimento químico é historicamente precisa e continuamente comparada ao estado da física e da matemática como padrões a serem alcançados. Destaca-se a verificação rigorosa de que a química permanece servidora dos interesses das substâncias e de suas propriedades, e o papel do símbolo como algo que se distancia de um conteúdo material que significa “um tipo de possibilidade de arranjo e não como os elementos estão arranjados” (Cassirer, 1910, p. 204). A pergunta que o autor revela em seguida procura provocar a demarcação de um padrão de racionalidade próprio na disciplina: “Estamos nos referindo a um espaço que será preenchido por novas determinações oriundas dos mesmos padrões lógicos de pensamento, ou deve-se reconhecer e introduzir a existência de uma forma de conhecimento diferente em princípio?” (ibidem).

O caminho histórico da química perseguido por Cassirer é extremamente fértil, mas sob o prejuízo de nos estendermos inapropriadamente ao objetivo deste trabalho, parece fecundo concentrar a apresentação em aspectos que serão úteis para um debate posterior. Nesses termos, focalizamos a validação feita por Cassirer à Teoria dos Tipos como a primeira aproximação dedutiva na química. Nela o aspecto numérico e relacional constitui uma funcionalidade decisiva para a interpretação de propriedades e conceitos químicos. A valência atribuída a átomos particulares é uma qualidade real oculta, se concebida como uma qualidade substancial. Não se sabe qual propriedade peculiar faz com que elementos se combinem com outros sob certas formas definidas de proporção (tipos). A química renuncia a procura de qualidades. Não se procura a natureza substancial das conexões entre átomos, mas meramente representar os fatos destas conexões de acordo com “princípios quantitativos universais de ordem” (ibidem, p. 214). Há nos esquemas representacionais da Teoria dos Tipos um poder preditivo derivado da dedução de comportamentos dos membros que pertencem a um tipo.

O caráter racional implícito das representações que vão derivar dessa ordem dedutiva, proposta a partir da Teoria dos Tipos, não se refere diretamente a organização estrutural do objeto químico. As fórmulas de constituição, muito empregadas em meados do século XIX, oferecem a princípio um quadro intuitivo direto da organização dos átomos, mas o que alcançam não é um conhecimento definitivo acerca desse objeto, não como um elemento da realidade. Elas propõem uma análise geral dos corpos e materiais trabalhados na experiência. Um membro individual do grupo (tipo) representa um conjunto de possibilidades invariantes de comportamento empírico. Como Cassirer afirma, uma “conexão objetiva” (ibidem, p. 214), expressão científica da realidade empírica do objeto.

Não é o *objeto* que deve ser considerado como objetivo absoluto, mas sim o *significado objetivo* é que deve ser encarado como aquilo que se constitui no problema central. Não se pergunta pela estrutura do objeto, considerando-o como uma coisa em si, mas pela possibilidade de referência a um objeto. Esta relação se inicia somente porque o conhecimento não se detém no fenômeno singular, tal como este se dá aqui e agora, mas o inclui no contexto da experiência. É o conceito que trabalha constantemente realizando as diversas conexões nas quais reside a possibilidade da experiência. Primeiro se dedica a superar a limitação dos dados empíricos unindo-os em um contínuo de espaço e tempo. Isto só é possível graças à criação de regras de correlação fixas e universalmente válidas entre estes dados, remetendo a certas leis sua coexistência no espaço e sua sucessão no tempo. A síntese resultante dessas percepções, inicialmente isoladas, desenvolvidas pelo conceito, constitui em nós a idéia de natureza, pois esta idéia procura expressar a existência das coisas na medida em que são determinadas por leis universais.

O conceito se relaciona com o objeto de maneira a constituir um suposto necessário e imprescindível da objetivação, uma vez que o conceito representa a única função para a qual pode haver objetos, unidades constantes básicas no fluxo da experiência. A relação entre

conceito e objeto não é ôntico-real, mas sim uma relação simbólica, uma tradução intelectual, uma relação de representação.

### Dinâmica de um curso de ensino superior como situação de estudo

As duas situações estudadas caracterizam-se pela pequena quantidade de alunos participantes. Essa situação imprime uma maior aproximação e participação do professor nas atividades que os alunos desenvolvem em sala de aula. Uma marca da dinâmica nos dois casos é a persistente convocação do aluno para o debate, através de perguntas, ou, na verdade, pequenas situações de “resolução de problemas” durante as atividades de aula. Essas situações são situações tipo, ou, na verdade, verdadeiros exercícios e não problemas, baseados em padrões situacionais apresentados anteriormente. Podem-se qualificar dois tipos de dinâmica nessa ação: (i) professor convoca o aluno para resolverem de forma conjunta uma situação tipo – professor com giz na mão espera a resposta do aluno e vai corrigindo ou aprovando o que ele diz; (ii) professor convoca aluno para resolver uma situação tipo em seus apontamentos, fornece alguns minutos, e solicita a solução – para os eventos estudados nunca de forma particular. No caso dois não pudemos ter acesso à situação devido a uma limitação operacional – incapacidade de filmar ou obter os apontamentos do aluno, uma vez que não estava previsto no nosso acordo inicial.

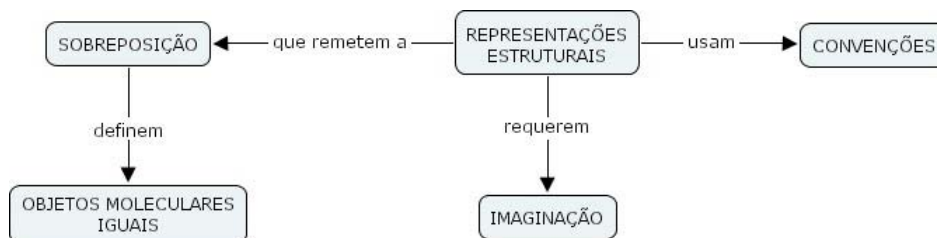
Outras características operacionais e de discurso das situações propostas podem ser encontradas na tabela 3, que expõe elementos relacionados às categorias de análise tipificadas anteriormente.

**Tabela 3: Resultados a partir das Categorias de análise por Unidade de Ensino**

<b>Categoria</b>	<b>IE</b>	<b>Resultados</b>
1	1	As possibilidades de representação são necessidades advindas da experiência. Faz referência constante à relação “estrutura-propriedade” através de exemplos (fármacos).
	2	Utiliza conceitos referentes (hibridização) para construir um conjunto de possibilidades de representação. Não há dependência substancial para a caracterização do objeto molecular. Essa caracterização é dependente do conceito referente (função). Professor: (Para saber a geometria não precisa saber qual é o átomo, mas sim a hibridização)
2	1	Realização da aula no quadro de giz. Utiliza modelo de bastão durante a aula como suporte instrucional. O modelo preparado pelo professor, para um exemplo crucial, circula pela mão dos alunos. Utiliza o modelo de bastão para propor situações-exercício e situações-problema. Não utiliza modelos computacionais.
	2	
3	1	Existe confusão conceitual quanto à instância que decide sobre as propriedades das substâncias. Parece ao aluno que a representação não pode “portar” as propriedades substanciais. Texto do aluno: (A conformação anti com grupos Br apresenta a menor energia de repulsão, assim tornando a molécula mais estável....) Correção do professor: (A conformação anti com grupos Br apresenta a menor energia de repulsão, assim tornando a <u>conformação</u> mais estável....)

## Proposições conceituais compartilhadas em situações de estudo

Foram encontrados alguns elementos conceituais comuns nas atividades discursivas dos professores das duas instituições de ensino pesquisadas. Esses discursos são encontrados tanto na explicação das características representacionais em estudo, quanto nas respostas/justificativas advindas de desacordos com as proposições dos alunos. Formulamos essas estruturas discursivas por meio de proposições em um mapa conceitual, conforme figura a seguir.



**Figura 1: Mapa Conceitual das proposições compartilhadas pelos professores**

O uso da imaginação é enunciado como uma ferramenta de raciocínio para a compreensão das estruturas propostas como respostas às atividades transcorridas nas aulas. As convenções são tratadas como decorrências do que seria visto por um observador fisicamente próximo ao objeto molecular em estudo. A sobreposição é tratada como instância de decisão final acerca da identidade de uma substância, nos termos: “são substâncias iguais se suas representações podem ser sobrepostas”.

## CONCLUSÕES

O processo operacional apresenta uma limitação quanto à captação das atividades que são realizadas em sala de aula. Não se consegue saber como o aluno responde às solicitações propostas pelo professor em tempo de aula (aquilo que o aluno responde em seus apontamentos), as quais muitas vezes, devido ao pequeno tamanho da turma o professor retifica com o aluno também em tempo de aula. Algumas vezes pareceu necessário ter duas câmeras em sala, pois não foi possível captar a atividade gestual do aluno ao responder a algumas perguntas dos professores, pois a única câmera ficou posicionada atrás dos alunos, de frente para o professor.

A aproximação de Cassirer fornece um suporte epistemológico coerente com o referencial teórico de Vergnaud. A primazia de um estado funcional do conceito científico como superação de sua formulação substancial parece concordar com o entendimento de Vergnaud sobre a prioridade de interações esquema-situação em detrimento das interações sujeito-objeto conforme formuladas por Piaget. Ambas consideram que um estado de significação menos ingênuo é conseguido com a incorporação da representação nos esquemas cognitivos. Para Cassirer é configurado no sujeito quando promove a *função representativa*, para Vergnaud dá-se durante a própria apreensão do Campo Conceitual, na medida em que a representação é um elemento do triplete (S,I,R) constituinte do campo.

Havia uma orientação inicial, que se revelou necessidade: pesquisar aulas de disciplinas que utilizam representação no domínio da química inorgânica. Durante o esclarecimento de uma questão de natureza semiótica, um dos professores indicou em sala de aula que os domínios de representação entre “orgânicos” e “inorgânicos” são diferentes.

Uma questão que escapou completamente às categorias propostas e que foi enfatizada durante todas as aulas pelos dois professores nos grupos em investigação foi a necessidade de recurso à *imaginação* para a correta identificação de uma molécula *sob o ponto de vista estereoquímico*.

A utilização de atividades de sala de aula como situações de estudo ampliadas no referencial teórico de Vergnaud podem ser justificadas pela ausência de referências originais sobre Campos Conceituais na química. Entretanto, percebe-se que as situações propostas pelos professores em sala de aula compõem um quadro conceitual de referência que será perseguido pelos aprendizes desse suposto campo. Este estudo exploratório não resolve a representação estrutural como um Campo Conceitual e tal proposição carece de uma ação investigativa mais ampla, inclusive em outros domínios curriculares da química. Não obstante, estamos certos de que procederemos ao esclarecimento crítico da questão da autonomia conceitual das representações estruturais no Ensino de Química.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO NETO, W. N. et al. Graphic Organizers as a Methodological Approach for Revealing the History of Chemistry on Brazilian Chemistry Textbooks. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on the History and Philosophy of Science and Science Teaching*, Winnipeg, p. 32-51, 2003.
- BASTOS FILHO, J. B. Os Problemas Epistemológicos da Realidade, da Compreensibilidade e da Causalidade na Teoria Quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 125-147, 2003.
- BRUN, J.; FLORIS, R. (orgs.) *Didactique des mathématiques*. Paris: Delachaux et Niestlé, 1996.
- BUNGE, M. *Dicionário de filosofia*. São Paulo: Perspectiva, 2002.
- CASSIRER, Ernst. *Substance and Function and Einstein's theory of relativity*. Nova York: Dover Publications, 1953. (1910)
- CASSIRER, Ernst. *Filosofia de las formas simbólicas: fenomenología del reconocimiento*. México: Fondo de Cultura Económica, 1998. (1929)
- COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Identificação dos conhecimentos-em-ação para o ensino de física. *Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, São Paulo, Brasil, 2003.
- DEL RE, G. Ontological status of molecular structure. *International Journal for Philosophy of Chemistry – HYLE*. v. 4, n. 2, p. 81–103, 1998.
- ELIEL, E. L.; WILEN, S. H. *Stereochemistry of organic compounds*. Nova York: John Wiley & Sons, 1994.
- LLANCAQUEO, A. et al. El aprendizaje del concepto de campo en física: una investigación exploratoria a luz de la teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 4, p. 399-417, 2003.
- MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.7, n.1, p. 1-17, 2002.
- OLIVEIRA, M. P. A História e a Epistemologia no Ensino Ciências: dos Processos aos modelos de Realidade na Educação Científica. In ANDRADE, Ana Maria R. (org.) *Ciência em Perspectiva: estudos, ensaios e debates*. Rio de Janeiro: MAST: SBHC, 2003. p. 133-149.

- RAMBERG, Peter J. Pragmatism, belief and reduction: stereoformulas and atomic models in early stereochemistry. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 6, n. 1, p. 35–61, 2000.
- RAMSEY, J. L. Molecular Shape, Reduction, Explanation and Approximate Concepts. *Synthese*, v. 111, p. 233-251, 1997.
- SANTAELLA, L.; NÖTH, W. *Imagem: Cognição, semiótica, mídia*. São Paulo: Iluminuras, 2005.
- SCHNETZLER, Roseli P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. *Química Nova*, v. 25, sup.1, p. 14-24, 2002.
- SCHUMMER, J. The Chemical Core of Chemistry I. *International Journal for the Philosophy of Chemistry – HYLE*, v. 4, p. 129-162, 1998.
- SCERRI, E. Has Chemistry been at least Approximately Reduced to Quantum Mechanics. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, v. 1, p. 160-170, 1994.
- SCERRI, E.; McINTYRE, L. The Case for the Philosophy of Chemistry. *Synthese*, v. 111, p. 213-232, 1997.
- SOUZA, C. M. S. G.; FÁVERO, M. H. Um estudo sobre a resolução de problemas em física em situação de interlocução entre um especialista e um novato. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 1, 2002.
- SPECTOR, T. The Aesthetics of Molecular Representation: from the Empirical to the Constitutive. *Foundations of Chemistry*, v. 5, p. 215-236, 2003.
- VERGNAUD, Gérard. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des Mathématiques.*, v. 10, n. 6, p. 138-170, 1991.
- VERGNAUD, G. (org.) *Apprentisages et didactiques, où en est-on?* Paris: Hachette, 1994.
- VERGNAUD, Gérard. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. *Revista do Gempa*, n. 4, p. 9-19, 1996.
- VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, v. 17, n. 2, p. 167-181, 1998.
- VAN BRAKEL, J.; VERMEEREN, H. On the philosophy of Chemistry. *Philosophy Research Archives*, p. 1405-1456, 1981.
- WEININGER, Stephen J. Contemplating the finger: visuality and the semiotics of chemistry. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 4, n. 1, p. 3–27, 1998.
- ZEIDLER, P. The epistemological status of theoretical models of molecular structure. *International Journal for Philosophy of Chemistry – HYLE*, v. 6, n. 1, p. 17–34, 2000.
- ZUCKERMANN, J. The coming renaissance of descriptive chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 63, p. 829, 1986.
- ZYLBERSZTAJN, A. Teoria final, Unificação e Reduccionismo: Opiniões da Comunidade Brasileira de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 1, p. 1-17, 2003.