

Artigo

Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química

Araujo Neto, W. N.

Rev. Virtual Quim., 2012, 4 (6), 719-738. Data de publicação na Web: 18 de novembro de 2012

<http://www.uff.br/rvq>

Studies on the Notion of Structural Representation in Chemistry Education Considering both the Semiotics and the Philosophy of Chemistry

Abstract: This paper presents some results and issues about the concept of structural representation, considering their relevance to Education in Chemistry, and confluence with the themes of semeiotics and philosophy of chemistry. As a methodological approach, the main aspects of structural representation in chemistry are studied from a historical and philosophical perspective. Remaining on the point of view of chemistry education, the concept of representation is considered in a broad sense, following the aspects of both epistemological and ontological features of the subject. Three functions are highlighted as priorities in the activity played by structure representation in chemical education: the identity, the incompleteness and the intentionality. These three aspects are presented as an integral part of the process of structural representation in chemistry, which is concluded to must necessarily be formulated as a medial process.

Keywords: Structure representation; semiotics; philosophy of chemistry; chemistry education.

Resumo

O artigo apresenta resultados e questões decorrentes de um projeto de pesquisa com origem na investigação de diferentes formas de uso para a noção de representação estrutural, e que tem como ponto de partida situações de estudo no ensino superior de química. O desenvolvimento deste projeto considera influências teóricas a partir da Semiótica e da Filosofia da Química. A estratégia metodológica neste segmento da pesquisa leva em conta uma investigação histórica e busca delinear as influências filosóficas do conceito de representação de maneira ampla, seguindo-se uma avaliação das características epistemológicas e ontológicas que esse tema apresenta, permanecendo inscrita ao ponto de vista das atividades de ensino. Três funções são destacadas como prioritárias no processo de representação estrutural: a identidade, a incompletude e a intencionalidade. São fornecidos exemplos de como esses três aspectos atuam como elementos que organizam as diferentes formas de uso do processo de representação estrutural em química, que deve ser necessariamente formulado como um processo medial.

Palavras-chave: Representação estrutural; semiótica; filosofia da química; ensino de química.

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Depto de Química Orgânica, Avenida Athos da Silveira Ramos, 149 Bloco A, Sala 624-B, CEP: 21941-909, Cidade Universitária, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

✉ waldmir@ufrj.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20120054](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20120054)

Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química

Waldmir N. de Araujo Neto

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Depto de Química Orgânica, Avenida Athos da Silveira Ramos, 149 Bloco A, Sala 624-B, CEP: 21941-909, Cidade Universitária, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

* waldmir@ufrj.br

Recebido em 27 de junho de 2012. Aceito para publicação em 29 de outubro de 2012

1. Introdução
2. O processo de representação estrutural na química
3. Epistemologia e conhecimento sobre a estrutura
4. A ontologia e o ser dinâmico-tridimensional da representação
5. Considerações Finais

1. Introdução

O conteúdo das ideias apresentadas no presente texto trazem o reflexo dos resultados da pesquisa que teve origem em investigações sobre a Noção Clássica de Valência.¹ O núcleo duro do projeto em referência consta de investigações acerca da Filosofia da Química e de suas possibilidades de uso na educação em química, o qual permanece vivo e em execução até hoje. Contudo, e como era de se esperar, novos rumos e diferentes conceitos foram apropriados para dar conta dessa tarefa de constituir uma relação entre essas duas áreas, e o que é apresentado aqui faz parte dessa nova frente de investigação. A noção clássica de valência foi muito útil para o desenvolvimento do conceito de estrutura no último quarto do século XIX, mas ofereceu

limitações para que a crença sobre a existência de um arranjo tridimensional de átomos no interior da matéria pudesse se transformar em conhecimento.

A limitação destacada anteriormente foi decisiva para que novas estratégias pudessem ser alcançadas no interior do programa de pesquisa da química orgânica, e como uma influência no desenvolvimento desta pesquisa, considerou-se cada vez mais o valor de se investigar a função processual inserida na atividade de representação estrutural. Reconhecer a representação estrutural como um processo, ou como uma soma de processos, manteve-se como um postulado em nossos estudos. Como uma consequência dessa escolha verificou-se a necessidade de estudar a epistemologia da noção de representação, e não tardou para ocorrer o alinhamento desse estudo com as noções de semiótica e ontologia. Assim,

constituiu-se como estratégia de investigação a prioridade de conhecer de maneira ampla as características históricas dos processos de representação para poder estudar a representação estrutural de maneira específica e seus usos na educação em química. O que será apresentado aqui faz parte dessa trajetória, é justamente uma defesa sobre a necessidade de se compor no quadro de investigação sobre a representação estrutural na educação em química o conhecimento advindo do estudo acerca do processo de representação de forma mais ampla.

O objetivo do presente artigo é mostrar certas relações de cooperação que podem ser estabelecidas entre a educação em química e a filosofia da química ao considerar o conceito de representação estrutural como ponto de partida. Essas relações desdobram-se como oportunidades de esclarecimento sobre os usos da noção de representação estrutural a partir de situações de estudo no ensino superior de química. Para cumprir o objetivo serão usados neste artigo dois eixos metodológicos: (i) destacar as questões específicas sobre a Epistemologia (natureza do conhecimento) da estrutura e de sua representação com o auxílio de uma investigação da história desse conceito. Esse percurso histórico é deliberadamente um recorte com a intenção de prover controvérsias sobre o desenvolvimento da noção de estrutura, de sua representação, com foco na inauguração do programa de pesquisa da química orgânica na segunda metade do século XIX; (ii) apresentar algumas reflexões que consideram a influência da ontologia na relação entre representante e representado, e que podem ser encontradas no processo da representação estrutural a partir de suas formas de uso no ensino superior. O recurso utilizado neste segundo eixo da metodologia não se vale da história da noção de representação estrutural na química, mas volta-se para questões mais amplas e que estão próximas dos processos que estão presentes em questões de pesquisa na área.

Antes de passarmos à sequência deste

estudo é importante esclarecer a abrangência de alguns conceitos específicos que são apresentados neste debate. O termo semiótica pode ser considerado como relativo a uma ciência que estuda os signos. O signo aqui é entendido como um elemento da atividade de comunicação ou do processo linguístico: uma imagem, texto, som, ou o gesto. A criação e o uso de signos é uma marca de distinção da espécie humana em relação a outras que habitam o nosso planeta. Um signo, por exemplo, um desenho, age como um representante, como algo no lugar de algo. Dessa maneira, podemos também qualificar qualquer pessoa como um signo, quando age como representante de alguém em um processo, ou simplesmente para fazer uma inscrição em um concurso. O representante nesse caso significa alguém que não pode estar presente no ato de inscrição. No presente estudo o signo é uma representação estrutural, um desenho, considerado como o representante de uma entidade química (molécula, íon, etc.).

O conceito de representação ocupa lugar central na semiótica, havendo para ele definições muito variadas. No presente trabalho considera-se a representação como um processo público, socialmente compartilhado e intersubjetivo de comunicação e inferência sobre coisas do mundo. Nesta investigação não levamos em conta o signo como algo que existe na mente das pessoas. Não se trata de estudar representações mentais, mas daquilo que foi produzido por um grupo social em sentido histórico e que foi escolhido para ser ensinado aos que desejam fazer parte desse grupo. O desenvolvimento desses estudos é bastante antigo e desde a época medieval a representação é entendida como um processo de apresentação de algo por meio de signos. Outro aspecto importante para a noção de representação, considerado a partir da semiótica, e que será discutido no presente artigo, é a sua função referencial. A representação como uma função referencial relaciona o representante, que nas nossas situações de estudo é uma representação estrutural, a um determinado aspecto de algo

que está sendo representado. Na Química, esse tipo de procedimento pode inclusive ser responsável pela atribuição de características exclusivas e que determinam a natureza de diferentes objetos de estudo da química. Isso nos leva a necessidade de considerar em nosso caminho questões de natureza ontológica.

A ontologia pode ser entendida como uma análise filosófica sobre o que dizemos que existe. À primeira vista parece algo muito estranho e desnecessário, para que eu preciso me perguntar sobre a natureza das coisas que existem? Um exame mais cuidadoso pode indicar que assumimos esse tipo de compromisso todos os dias ao elaborarmos enunciados em nossas aulas. Nossas posições frente aos alunos refletem (ou pelo menos deveriam refletir) a forma como pensamos sobre o mundo, seja colocando entidades que lidamos em nossas atividades profissionais em categorias específicas, ou criando novos modos de ser ou de existir para tais entidades. Pode-se dizer que fazemos escolhas ontológicas quando adotamos uma teoria para guiar nossas pesquisas, pois ela oferece uma determinada maneira de compreender como as coisas que estamos estudando existem no mundo. Grandes filósofos da antiguidade consideraram que um ente, uma coisa seja lá qual for, pode assumir somente duas maneiras de ser ou de estar nesse mundo: ele pode se repetir, ou não pode se repetir. Segundo esse ponto de vista ontológico (no sentido de uma reflexão sobre a natureza do ser), ao repetir-se o ente está sendo instanciado em outro em segmentos diferentes do espaço-tempo. Isso quer dizer que o ente pode estar aqui e pode estar ali, ao mesmo tempo. Esse ente que se repete em diferentes momentos é chamado *universal*, já o ente que não se repete é chamado *particular*. Poderíamos dizer que universais e particulares são categorias ontológicas básicas, mas somente de uma modalidade ontológica específica, mas muito bem difundida no Ocidente, o chamado *realismo de propriedades*. Esse tipo de atribuição ontológica funciona até mesmo de

uma maneira intuitiva, por exemplo, uma cadeira amarela e um vestido amarelo são particulares, que compartilham o mesmo universal: amarelo. O amarelo é uma propriedade universal, que pode ser instanciada em diferentes segmentos do espaço-tempo (muitas coisas podem ser amarelas ao mesmo tempo).

Estruturas e representações estruturais podem ser consideradas a partir do realismo de propriedades. Podemos nos perguntar se a estrutura pode ser considerada uma característica universal, no sentido de diferentes moléculas poderem ter a mesma estrutura, ou dizer que molécula e estrutura compõem um segmento que não se consegue distinguir muito bem, e assim configuram sempre algo particular no interior do ente químico. Há ainda situações bem específicas, pois certos entes na química podem desenvolver processos dinâmicos de mudança que acarretam implicações para a estrutura, e em muitas situações isso caracteriza uma mudança ontológica desse ente químico, que na verdade é um processo muito específico na natureza. Grosso modo, comparando-se com nosso exemplo do amarelo anteriormente, ter-se-ia uma cadeira amarela que, dinamicamente, se transformaria em uma cadeira azul, e depois voltaria para o amarelo, mas sem deixar de ser uma cadeira. Veremos nas linhas seguintes, que muitos desses aspectos dinâmicos não estão bem esclarecidos a partir dos contornos e definições que são providos na literatura. E por isso considera-se central em termos de objetivo neste artigo defender uma investigação específica sobre conceitos, procedimentos e objetos de estudo da química, em conjunto com um campo de estudos que vem crescendo cada vez mais nesses últimos vinte anos, a Filosofia da Química.

2. O processo de representação estrutural na química

A representação estrutural na Química é uma atividade que se constitui historicamente a partir de meados do século XIX. Destina-se à criação e à utilização de signos em processos de comunicação e em heurísticas com o objetivo de prever características e propriedades de diferentes entes com os quais a Química trabalha, sejam eles existentes ou não³⁸. As habilidades de conhecer e de manipular a representação estrutural em suas diferentes formas gráficas começam a ser desenvolvidas no Ensino Médio e se estendem pelo Ensino Superior de Química. Além das formas gráficas de representação estrutural, podemos encontrar com os mesmos objetivos, tanto na prática dos químicos quanto dos membros das áreas correlatas, o uso de artefatos materiais e de programas computacionais.

Os signos gráficos que são tomados como representações estruturais são onipresentes seja nos textos pedagógicos ou nos manuscritos profissionais e acadêmicos. Um dos usos mais frequentes da representação estrutural manifesta-se durante a comunicação daquilo que se pretende como arranjo entre os átomos nos diferentes entes de estudo da química.^{2,3} Todavia, o uso da representação estrutural transcende a função comunicativa e envolve também heurísticas preditivas e explicativas, dedicadas à criação de ontologias em certas áreas de pesquisa, como por exemplo, a fabricação de novas drogas.

Refletir sobre propriedades a partir de sistemas semióticos de base escrita e elaborar rotas sintéticas inovadoras somente com ajuda de lápis e papel, ainda constituem etapas cruciais não somente nas pesquisas acadêmicas, mas também nos setores de desenvolvimento de grupos comerciais.⁴ A atividade de representação estrutural em sua forma gráfica é ensinada de forma permanente no ensino superior de química. Isso ocorre tanto na formação inicial e continuada das profissões específicas de

química quanto em outras áreas.^{5,6}

Por etimologia o termo representação provém da forma latina *repraesentare*, que significa fazer-se presente ou apresentar-se, manifestar-se de novo, fazer presente alguém ou alguma coisa, inclusive uma ideia, por intermédio de alguém ou objeto. Foi na Roma antiga que o termo encontrou seus primeiros caminhos, intimamente associado com a dimensão política das leis: o rei ou o príncipe age pelo povo romano e decide em seu lugar.⁷ A palavra representação também foi usada para lidar com algumas relações místicas, por exemplo, quando se tratava da maioria dos aspectos não-corpóreos que estavam contidos nos ritos e procedimentos da cristandade. Entretanto, na França medieval o termo *représenter* era usado para imagens e objetos inanimados com a função de criar abstrações, antes mesmo de ser usado para referir-se a uma pessoa agindo por outra.⁸

Uma visita ao vernáculo grego revela que não havia, na antiguidade, uma palavra específica como descritor inequívoco da noção de representação. Contudo, sabe-se que Zenão de Cítio (334-262 a.C.) caracterizou como representação (*phantasia*) o veículo de um processo que deveria resultar em uma formulação segura para o sujeito (*phantasia kataleptiké*), desde que fosse submetido ao escrutínio da razão.⁹ A partir desse arcabouço, a filosofia estoica³⁶ chegava inclusive a admitir que certos entes e os signos pudessem instanciar propriedades geradas em outros entes. Há dois tipos de signos possíveis para os estoicos, os rememorativos (*hypomnestiká*) e os indicativos (*endeiktikón*). Os rememorativos são responsáveis por relacionar espécies ou eventos separados temporalmente, e os indicativos fornecem a conexão do sujeito com entidades não-evidentes, mas temporalmente copresentes.

Na mesma direção original apontada pelos estoicos, encontramos nas raízes psicológicas da representação informações sobre uma noção ligada à faculdade subjetiva de um sujeito tomar conhecimento do mundo ou dos objetos que o rodeiam. Este tipo de

formulação permite que, de algum modo, se possa transitar para o estatuto da representação com uma formulação semiótica: “*a* representa *b* para um sujeito *s*”.¹⁰ Essa atribuição relacional entre sujeito e objeto é necessariamente e em última análise um processo mediado, aonde há algo no meio, entre as partes que pretendem se relacionar. Esse tipo de descrição foi usado como eixo basilar para o sistema proposto por Charles Sanders Peirce (1839-1914). Contudo, 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 o estado das coisas do mundo e a linguagem. De toda forma, verificam-se outras aproximações filosóficas propondo que esse afastamento se deve a uma tomada de posição imprópria ao sentido original do processo de representação, a saber, desconsiderar sua *função medial simbólica*.³⁹

A palavra *Símbolo* possui muitas e diferentes atribuições de sentido, mas se considera a atividade simbólica neste trabalho como semelhante àquela proposta no tratado semiótico de Peirce.³⁷ O símbolo é um tipo de signo, e essa classificação procura esclarecer como se dá a relação entre signos e o objeto que se quer representar. Essa relação geral entre signos representantes e objetos a serem representados é proposta por Peirce em três modos diferentes, o signo pode agir como *ícone*, *índice* e/ou *símbolo*. O *ícone* é um signo que se refere ao objeto que denota apenas em virtude de seus caracteres próprios, caracteres que ele igualmente

possui, quer tal objeto realmente exista ou não. Pode-se dizer que os ícones reúnem aspectos qualitativos daquilo que se quer representar, há na ação do ícone uma espécie de *parecer com* aquilo que estamos representando. O *índice* é um signo que se refere ao objeto que denota em virtude de ser afetado por ele, ou seja, implica uma conexão existencial. As fotos são bons exemplos de índices. Esse forte aspecto referencial denotado pela ação do índice está presente em documentos de identificação. Os documentos de identidade costumam ter fotos para marcar a conexão com alguém que seja único e que existe. Podemos dizer também que a fumaça indica que algo está pegando fogo, pois há uma conexão causal entre elas, ou seja, a fumaça é índice de fogo. Por sua vez, o *símbolo* é um signo que se refere ao objeto que denota em virtude de uma lei, normalmente uma associação de ideias no sentido de fazer com que o símbolo seja interpretado como se referindo àquele objeto. Os símbolos possuem um elevado caráter convencional, são estipulados por uma comunidade ou grupo para designar alguma coisa. Um exemplo típico são as bandeiras dos países, que funcionam como elementos simbólicos de representação. As palavras são símbolos. Na química, temos os símbolos dos elementos que representam o átomo de um elemento, átomos de um elemento, ou simplesmente o elemento. Para que o leitor possa ficar mais esclarecido sobre esses aspectos do signo apresentamos na figura 1 exemplos de ícone, índice e símbolo de algo bem comum: um cachorro.



Cachorro

Figura 1. Respectivamente, um ícone, um índice e um símbolo de cachorro

Tanto os trabalhos sobre filosofia e história da química, quanto as edições da literatura específica na área de química^{11,12} consideram que há uma tensão entre o simbólico e o icônico presente no alvorecer dos debates sobre o uso das representações estruturais na segunda metade do século XIX. Essa tensão seria marcada pelo uso pragmático das representações estruturais com o objetivo específico de fornecer explicações úteis sobre diferentes resultados empíricos. Tais autores consideram essas representações como simbólicas, no sentido atribuído por Peirce, uma vez que não pretendiam fornecer nenhuma relação qualitativa sobre os componentes da matéria. Os cientistas do programa de pesquisa da química orgânica não estariam convencidos de que tais representações manifestavam características que realmente existissem no interior da matéria. O simbólico nesse caso é interpretado como um elemento de mediação, mas que não permite nenhum tipo de inferência. Para esses autores, toda possibilidade de inferência a partir de representações estruturais tem origem em um processo de mediação de natureza icônica, ou seja, quando se assume que há relações de semelhança qualitativa, ou de equivalência nas características do signo e do objeto que ele representa.

Dentre as diferentes associações propostas para o termo representação como derivadas de processos de mediação simbólica, podemos assumir que prevalece também seu entendimento como um processo de substituição. O substituto, ou representante, está envolvido em uma estratégia complexa no qual toma o lugar de algo para alguém (ou para outro algo). Cabe destacar como característica dessa atividade, a necessidade de que o representante seja plenamente competente para desempenhar o papel de substituto. Assim, entende-se que desde os momentos iniciais, nos quais se considerou o uso da representação para entes químicos, manteve-se o entendimento de que o processo de substituição era apenas de caráter local, o representante atuava substituindo apenas um conjunto de funções e/ou propriedades do representado. Essa

restrição imposta à atividade do signo representativo serve como uma contramedida que garante a supremacia do representado, mesmo que ambos não sejam copresentes. O representado é, normalmente, maior em funções e em atividades que seu representante.

A grandeza dessa visão do objeto a ser representado poderia nos mover rapidamente na direção de subestimar o processo de representação, uma vez que como decorrência direta dessa pequena análise inicial verifica-se, inclusive por razões lógicas, a necessidade de assumir que o representante será sempre algo incompleto. Todavia, nossa defesa sobre a natureza do processo representativo considera que essa incompletude não é prejuízo para a representação, mas o seu atributo mais vigoroso nas atividades da educação em química.

Ainda que o representante fosse colocado em seu devido lugar em vários momentos da história, a atribuição ontológica principal da atividade do representante oscilou entre substituição e mimese (imitação),¹³ encontrando-se registrada dessa forma no verbete *représentation* do *Dictionnaire Universel de Furetière*.¹⁴ Neste dicionário são citados exemplos típicos de processos de representação da antiguidade, tais como os manequins de cera ou de madeira que eram depositados sobre o cadafalso real durante os funerais dos soberanos franceses e ingleses, e o leito fúnebre vazio coberto com um lenço que representava o soberano defunto. Em tais casos a vontade mimética presente no primeiro estava ausente no segundo; mas em ambos falava-se de representações. A substituição e a mimese são processos imperativos na história da representação, mas também se deve registrar que existe muita confluência desse termo com a própria atividade consciente em cada sujeito. Nesses casos as formas representativas situam-se em torno do que se costuma chamar também de imaginação.

Podemos antecipar que os processos de substituição e mimese também podem ser situados na educação em química, quando se

trata da representação estrutural por signos gráficos. A busca por representantes que substituam de forma adequada os entes químicos leva em consideração certas características desses representantes para realizar tal tarefa. A intenção é tornar possível certas predicções sobre um ente químico em estudo, tanto através do conhecimento que cerca a atividade envolvida na busca representativa, quanto por tentativas de adequação ao que se pretende como ontologia daquilo que é representado.

3. Epistemologia e conhecimento sobre a estrutura

As técnicas de representação usadas atualmente nas diversas áreas da química herdaram seus traços iniciais do segmento da química orgânica, a qual se destaca como pioneira no uso de signos gráficos para representações estruturais.¹ Muitas das representações estruturais apresentadas em textos didáticos de química de origem alemã, na segunda metade do século XIX, eram referidas como *Vorstellung*.²¹ A associação entre o termo *Vorstellung* e processos de representação pode ser encontrada em Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) que usou esse termo para tratar de processos de representação na obra *Discurso de Metafísica* (1686). A partir dessa síntese outros autores da filosofia alemã retomariam *Vorstellung* como um processo que envolve a participação de funções mentais, como os

filósofos Immanuel Kant (1724-1804) na *Crítica da Razão Pura* (1781) e Arthur Schopenhauer (1788-1860) em *O Mundo como Vontade e como Representação* (1818). Todavia, ao verificar-se a maneira como o termo é empregado ao longo desse período histórico percebe-se que *Vorstellung* compartilha da ambiguidade de outras palavras terminadas em *ung*, podendo significar tanto o ato de representar (*Vorstellen*), quanto o que é representado (*Vorgestelltes*). A preposição *vor* significa “diante, em frente” e *Stellen* é “localizar [algo], por de pé”. Portanto, *Vorstellen* é “trazer, mover adiante; pôr algo em frente a algo” e, nesse sentido, representar.²²

Outro termo, também de origem germânica, e que realiza um contraponto importante sobre as características do processo de representação é *Darstellung*. Em muitas formas de uso ambos são referidos como Representação, mas aqueles que usam o termo *Darstellung* cumprem papel específico ao retirar de suas atribuições o sentido clássico de representação mental de objetos exteriores, que é encontrado nos contextos atribuídos ao termo *Vorstellung*. O fato de uma representação estrutural ser remetida com grande prioridade como *Vorstellung* se deve por uma parte à grande influência exercida por Friedrich August Kekulé (1829-1896) a partir dos debates acerca das *fórmulas racionais*, como eram conhecidas as primeiras representações com intenção de delimitar aspectos estruturais e que foram utilizadas pelos químicos daquela época.²¹

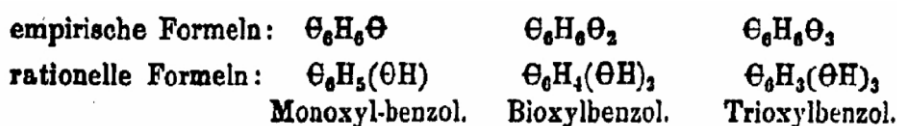


Figura 2. Representações para fórmulas empíricas e fórmulas racionais existentes na página 1, volume 3, do livro *Lehrbuch der Organischen Chemie*, de August Kekulé, editado em 1867

Mesmo sendo amplamente considerada nos dias de hoje, a possibilidade de um signo gráfico representar a estrutura não foi sempre admitida pelos praticantes da química. No final do século XIX a fórmula racional era uma tentativa de representação da estrutura, mas ainda assim qualquer vontade de produzir conhecimento a partir dela não devia considerar que uma *estrutura* estivesse presente nesse ente. Não se pretendia nenhum tipo de compromisso ontológico entre a representação e seu objeto, e nesse sentido era admitido que a mesma substância pudesse ter várias fórmulas diferentes.

O programa de pesquisa da química orgânica promoveu durante o último quarto do século XIX a noção de tipos de compostos. Os membros desse programa evitaram qualquer representação realista da arquitetura interna desses compostos, recusando-se, por exemplo, a pensar os *radicais* como entes que pudessem ser isolados de forma permanente e estável. Nesse sentido, um radical era simplesmente uma regra onde certos elementos ou grupos de elementos são substituídos por outro, ou são transportados de um ente para outro. Esses radicais não tinham nenhuma realidade material, e era apenas um esquema taxonômico adequado para analogias e homologias reveladoras entre compostos químicos.

Os episódios que envolvem a criação das fórmulas racionais e que podem ser estudados a partir da história da química são potencialmente estimulantes para a reflexão de aspectos filosóficos. Naquela época, diferentes fórmulas podiam ser escritas e eram defendidas como elementos do trabalho de afirmação de uma teoria estrutural específica. Contudo, mesmo naquela época, se reconhecia a impossibilidade dessas múltiplas formulas “racionalis” representarem a estrutura em uma única e “verdadeira” forma, sendo este um fator exclusivo e importante na história da noção da representação estrutural.²⁴

Pode-se indicar como exemplo desse aspecto a fórmula empírica do ácido acético

que era escrita como CH_2O em 1860. Essa atribuição era feita a partir do uso das massas atômicas da época. Todavia, essa fórmula não permitia representar o fato do ácido acético realizar processos de substituição com cloro de formas distintas dando origem a compostos químicos com identidades diferentes. Três desses compostos são ácidos que têm propriedades semelhantes às do ácido acético, nos quais os pesos relativos de cloro variam. O quarto composto é o cloreto do ácido que possui propriedades distintas dos anteriores. A criação da fórmula racional para representar esse processo previa a duplicação da fórmula empírica, levando a $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$. O processo de *racionalização* se estende com a reorganização da representação anterior para $\text{C}_2\text{H}_3(\text{O}_2\text{H})$. Os fatos experimentais podem agora ser compreendidos, em termos da substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por cloro, com os três ácidos representados como $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}(\text{O}_2\text{H})$, $\text{C}_2\text{HCl}_2(\text{O}_2\text{H})$ e $\text{C}_2\text{Cl}_3(\text{O}_2\text{H})$, e o cloreto como $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Cl}$. Estas fórmulas eram consideradas formas representativas eficientes para produzir enunciados sobre o processo experimental de substituição de um elemento, contudo nenhuma intenção de mostrar o arranjo desses entes era pretendida com esse exercício semiótico.

As fórmulas racionais deveriam ser capazes de auxiliar no entendimento das reações, mas não poderiam conduzir à informação sobre a localização dos átomos. Uma das razões apontadas para essa limitação era técnica e residia na assunção da incapacidade de serem obtidas respostas sobre a organização da estrutura de um ente químico a partir de resultados de reações químicas. Acreditava-se que somente por meio de estudos detalhados das propriedades físicas da molécula é que se poderia chegar a conhecer uma *fórmula constitucional*, ou seja, uma fórmula que revelasse a “verdadeira posição dos átomos na molécula”.²¹ Para alcançar a estrutura deveriam ser considerados métodos físicos de análise que conseguissem dar ao cientista garantias além da especulação.

Outra razão, colocada tanto por Kekulé quanto por outros cientistas da época, considerava que a fórmula racional estava condicionada a uma idiosincrasia representativa. Dessa forma, não seria conveniente representar a disposição dos átomos no interior da matéria por meio de um processo que poderia mudar de acordo com o desejo daquele que fazia uso da representação. A constituição desse *arranjo* era algo fixo e definido, um caminho já sedimentado na história da disciplina desde estudos iniciados no século XVIII, e não poderia estar sujeita a diferentes formas de representação. Tal processo se mantinha como uma opção daquele que pretendia comunicar algo. Os cientistas assumiam dois tipos de arranjos para os constituintes da natureza: um *arranjo químico* (também chamado de *posição química*) mutável e dinâmico, derivado daquilo que se poderia deduzir das reações de uma substância; e um *arranjo físico* (também chamado de *posição mecânica*) que correspondia à distribuição dos átomos no espaço e determinante último das propriedades que uma dada substância portava.¹

Para os químicos a partir da metade do século XIX, o uso da representação estrutural envolve assumir que as diferenças nas características das substâncias dependem da organização (ou do arranjo) dos átomos que as compõem. Isso faz com que o programa de pesquisa em torno da noção de Valência possa ser considerado como uma espécie de núcleo epistemológico das concepções estruturais que estarão em cena ao final do século XIX.

As fórmulas racionais proporcionaram à representação uma carga epistemológica menos realista que mantinha o representante afastado de um compromisso com o arranjo real (arranjo físico) do conteúdo do *corpus químico*. Nas palavras de Alexander William Williamsom (1824-1904), membro do macroprograma de pesquisa da “química orgânica” do século XIX, as fórmulas mantiveram-se “imagens atuais do que se supõe racionalmente ser o arranjo dos

átomos constituintes de um composto”²⁵. Williamsom pode ser considerado um químico que estava disposto a aventurar-se no mar da representação, e defendia uma posição epistemologicamente contrária àquela de outro grande nome da química orgânica do mesmo período, Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856). Na perspectiva de Gerhardt qualquer tentativa de relação, em caráter realista, entre o representante e o ente que pretendia estar representando deveria ser tomada como “especulação insuportável”. Para os partidários de Gerhardt não havia garantias de que o uso da representação pudesse levar ao progresso no conhecimento em química.

A disputa em torno da verdade a partir das fórmulas racionais nos coloca diante de uma questão apresentada por John Stuart Mill (1806-1873) e também destacada por William Whewell (1794-1866). Não é necessariamente correto afirmar que se uma teoria é verdadeira a sua teoria rival tem que ser falsa, ou seja, muitas visões diferentes podem ser verdadeiras. Esse aspecto é muito importante quanto se afirma a possibilidade de termos em uso na prática dos químicos certos processos que podem ser descritos como *representações de representações*. Nesse caso temos uma *rede representativa* que pode ser usada para promover aumento do conhecimento sobre a estrutura. Essa questão é apresentada e debatida no encontro sobre nomenclatura de 1892, em Geneva. O movimento que passou a ser conhecido como “Nomenclatura de Geneva” deu origem ao poderoso sistema que vem sendo gerido pela *União Internacional de Química Pura e Aplicada* (IUPAC) até os dias de hoje.²⁶

De volta ao cenário histórico, e ainda sem uma resposta definitiva para o problema do arranjo do *corpus químico*, Kekulé procura se situar entre o realismo interno de Williamsom e a postura ceticista de Gerhardt. O realismo interno é indicado aqui como a afirmação de que existe uma realidade particular, e de aspecto exclusivo, que deve ser necessariamente entendida a partir de

um quadro conceitual determinado.²⁷ Isso desenvolve a ideia de que algo pode existir sobre um critério teórico exclusivo, que não precisa acomodar a realidade do resto das coisas no mundo. Ainda sobre essa perspectiva do realismo interno não há uma nítida cisão entre o sujeito e a realidade. Sujeito e realidade se constroem mutuamente. Eles incorporam elementos subjetivos, e não se pretende que possa existir a descrição verdadeira ou correta da realidade. Considerando-se as questões históricas, verifica-se que Kekulé considerava impossível, até aquele momento, determinar o arranjo dos átomos no *corpus químico*, e que o químico deveria acautelar-se ao propor respostas à constituição da molécula a partir de resultados das reações. Ainda assim ele acreditava que alguma informação sobre a constituição poderia ser obtida, desde que se renunciasse a uma proposta da organização espacial dos átomos.

Um exemplo do potencial explicativo da atividade de representação estrutural, também situado no final do século XIX, é a Teoria das Tensões de Baeyer, publicada em 1885.²⁸ Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer (1835-1917) postulou que deveria

haver uma “base espacial”² para os fatos acerca da relativa dificuldade em sintetizar anéis menores do que cinco ou maiores do que seis átomos de carbono. Baeyer havia sido aluno de Kekulé desde sua formação para o doutoramento, mas diferente de seu mestre empregou extensamente o termo *Darstellung* para tratar do processo representativo de estruturas, em contraponto ao *Vorstellung* de Kekulé. Baeyer assumiu como base de conhecimento para suas conjecturas os axiomas formais da teoria estrutural e a orientação espacial das ligações do carbono para os vértices de um tetraedro. Ele postulou que se as ligações para o carbono sofressem desvio em relação ao ângulo padrão tetraédrico haveria uma tensão desfavorável na formação do anel. Assim, Baeyer formulou uma maneira de quantificar a tensão nestes anéis usando representações estruturais. Ao usar analogias geométricas, ele pela primeira vez associou tais arranjos a quantidades de energia, indicando que o anel de cinco membros deveria ser mais favorável sob o ponto de vista energético e que isso deveria ser mensurável por comparações termoquímicas.

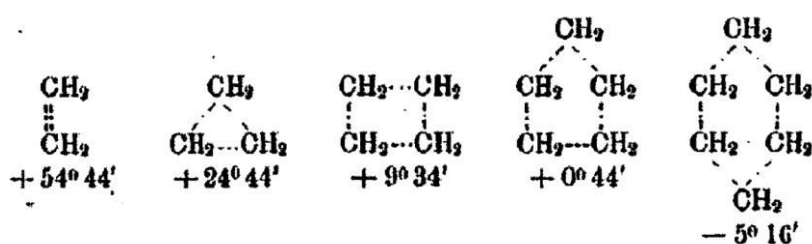


Figura 3. Valor das tensões existentes no etileno e nos compostos cíclicos de 3 a 6 membros calculados por Baeyer, publicado em artigo de 1885 no periódico *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, v. 18, p. 2279

O cálculo proposto por Baeyer considera para o *dimetileno* (eteno) o valor igual a $0,5 \cdot 109^{\circ}44'$, para o *trimetileno* (ciclopropano) $0,5 \cdot (109^{\circ}28' - 60^{\circ})$, para o *tetrametileno* (ciclobutano) $0,5 \cdot (109^{\circ}28' - 90^{\circ})$, para o *pentametileno* (ciclopentano) $0,5 \cdot (109^{\circ}28' - 108^{\circ})$ e para o *hexametileno* (ciclo-hexano) $0,5 \cdot (109^{\circ}28' - 120^{\circ})$. Os carbonos são considerados a partir de sua natureza

tetraédrica e são coplanares. Os valores numéricos isolados têm pouco sentido, mas a sequência da determinação de Baeyer mostra uma mudança de sinal entre os anéis de 5 e 6 carbonos. Essa mudança, em termos de uma variação na orientação das ligações dos membros do anel, é percebida se utilizamos ferramentas materiais tais como os atuais modelos moleculares. Percebe-se que ao

forçar os carbonos a assumir o mesmo plano, no caso do ciclobutano as ligações no modelo molecular serão convexas em relação à parte externa do anel, e para o ciclo-hexano serão côncavas.

Desde o final do século XIX até nossos dias a representação estrutural vem sofrendo reformulações no sentido de torná-la mais adequada ao corpo de conhecimento que é criado pelos químicos. Todavia, as regras ditadas pela IUPAC não fornecem uma definição inequívoca para a noção de *estrutura*. O termo é polissêmico e encontra-se associado em determinadas situações somente à conectividade, provendo informações de como átomos se unem para formar uma molécula. O termo também é encontrado em enunciados para inferir-se sobre a posição exata dos átomos, deduzida a partir de estudos cristalográficos seja com o auxílio de técnicas de difração de raios-X ou similares. Outra atribuição de sentido que é usada com frequência provém da cristalografia e considera *estrutura* como “a posição no espaço de todos os átomos que constituem uma molécula”¹⁵

É importante ressaltar que fórmula estrutural e estrutura não devem ser consideradas a mesma coisa, por mais que se pretendam isomórficas. A *fórmula estrutural* é uma criação dos químicos, ela responde tanto ao conjunto de convenções acordadas, quanto ao conhecimento (e.g. teorias, leis, base empírica) que organizam seu uso. Esse sistema de formulação simbólica é o guia para os processos de comunicação dos químicos.

A identidade de um ente químico pode ser devida exclusivamente tanto por sua estrutura quanto por sua constituição. Dessa forma, diz-se que estrutura e constituição colaboram para a atribuição de identidade de algo que se quer estudar na química. A constituição de um ente químico é conotada por três informações: (i) número de átomos presentes; (ii) tipo de átomo presente; (iii) e tipo de ligação feita entre os átomos. Essas três informações podem ser dadas ao sujeito por meio de uma representação estrutural,

mas também por outros modos representativos. É importante destacar que a noção de estrutura se apresenta de forma mais estável nos usos que se verifica desse termo ao serem considerados os compostos com ligações de natureza prioritariamente covalente. A noção de ente químico que possui estrutura remete a algo que se constitui de maneira independente e que manifesta propriedades quando ocorre de forma coletiva. O estado fenomênico do qual trata a pesquisa em química acessa essas manifestações.

Os signos gráficos da representação estrutural utilizam letras e traços que correspondem, respectivamente, aos átomos e às ligações presentes no ente químico a ser representado. O conhecimento proporcionado pelo estudo da representação estrutural é considerado verdadeiro, quando confrontado com o que se conhece dessas substâncias por meio de suas manifestações empíricas. Todavia, o desenho de uma estrutura é uma aproximação incompleta, pois o papel só permite representar em duas dimensões e a existência desses entes moleculares necessita de uma organização ao menos tridimensional. Essa é uma característica ontológica que distingue o ente químico de sua representação em papel, e coloca a comunidade de químicos e seus aprendizes diante da necessidade de uma *adequação de ordem geométrica* entre a representação e a coisa a ser representada. Essa necessária adequação, segundo o filósofo Edmund Gustav Albrecht Husserl (1859-1938)¹⁷, corresponde a uma imposição da fenomenologia ao estado representativo. No domínio do conhecimento químico, esse processo se desenvolve como um movimento representativo que qualificamos de *forma de uso* e está relacionado ao propósito da semiose (ação do signo representativo) em um determinado meio de produção.

O meio de produção da semiose direciona a forma de agir desse signo. Alguns exemplos de meios de produção podem ser o papel, o quadro de giz, materiais tais como os modelos moleculares de plástico (e no

passado de madeira e papel), digitais como os programas de computador (ou atualmente para dispositivos portáteis). Podemos considerar inclusive os meios gestuais, quando professores mimetizam moléculas e seus atributos durante situações de ensino.

Nenhuma representação em papel tem ou terá a pretensão de abraçar a totalidade ontológica de um ente molecular, mas nós continuamos a fazer isso em nossas pesquisas e a ensinar detalhadamente como fazer isso. Usamos as representações gráficas em duas dimensões como recursos de comunicação e de inferência sobre o ente em si. Tais processos se realizam na prática e na atividade dos químicos por meio de formas de uso diferentes, ou seja, através de maneiras diferentes e cada vez mais diversificadas de fazer tais representações. Entretanto, elas não são meramente convencionais ou aleatórias, e pode haver implicações severas se as escolhas representativas forem equivocadas, ou se não houver regularidade nas formas de uso.

As representações assim tomadas são produtos semióticos exclusivos da disciplina química, uma *semiótica da química*, elas são processos intencionais negociados por uma comunidade que dá garantia de verdade e provê legitimidade a esse conhecimento.

Em termos epistemológicos, nossa investigação pretende estudar como ocorre essa atribuição de verdade que é dada ao conhecimento que pode ser derivado da representação estrutural. Contudo, encontramos pelo menos um problema desde o início: essa garantia parece ser alcançada somente por restrições de uso dessa representação. Tais restrições ocorrem, por exemplo, ao lidarmos com uma *projeção* em processos de representação estrutural. As projeções ocorrem como diferentes formas de explicar o ente químico e suas características, e na educação em química essas restrições se configuram como conteúdos didáticos de ensino para representação estrutural.¹⁶

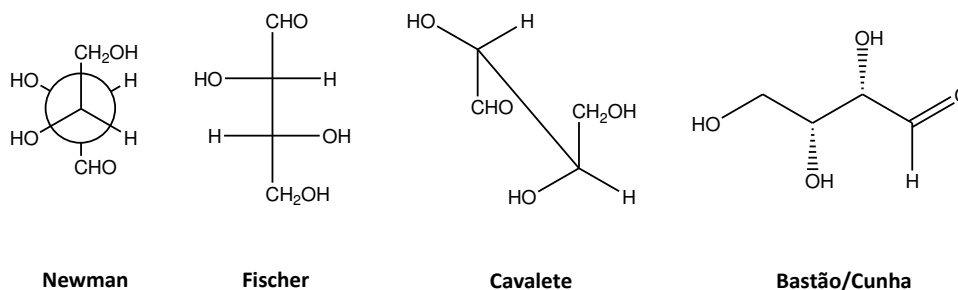


Figura 4. Exemplos de projeções para a molécula D-treose [(2S, 3R)-2,3,4-tri-hidroxi-butanal]

A restrição de uso está em intensa relação com a necessária incompletude do universo representativo dos signos gráficos da química. Essas ferramentas gráficas, ao funcionarem em modos de restrição de uso, provêm verossimilitude acerca das condições estruturais presentes em um dado ente químico, ou seja, informam que aquela representação estrutural pode ser considerada como verdadeira para dizer-se algo sobre um ente molecular. E ao olharmos novamente na história da representação estrutural na química verificamos que esse

tipo de estratégia de uso de signos gráficos como provedores de conteúdos de verdade ocorre também para projeções desde o fim do século XIX.

Em artigo de 1891, Carl Adam Bischoff (1855-1908) propôs representações em projeção da molécula do etano com o objetivo de discutir sobre de sua estabilidade. Para Bischoff a forma *estrelada* ou escalonada da posição dos ligantes seria mais estável que a forma eclipsada, considerando as repulsões entre os hidrogênios.

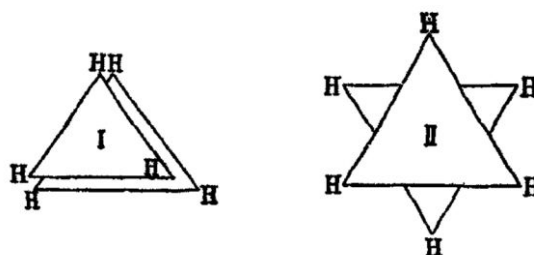


Figura 5. Projeção eclipsada e escalonada para o etano, proposta por Bischoff, publicadas em artigo de 1891 no periódico *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, v. 24, p. 1093

As projeções propostas por Bischoff levam em conta os carbonos como tetraedros e nesse caso visualizam-se as bases desses tetraedros ao longo da ligação entre os carbonos que se desenvolve em um vértice. Bischoff usou as mesmas projeções para justificar por que ácidos succínicos substituídos formam anidridos cíclicos mais facilmente do que os que não possuem substituintes. Apesar de ser uma modalidade projetiva bastante eficaz para a representação da conformação, e que possui basicamente o mesmo conteúdo que seria consagrado pelas projeções de Newman mais de cinquenta anos depois, as projeções de Bischoff caíram no esquecimento. Esse exemplo oferece uma situação na qual o conteúdo da representação estrutural, apesar de coerente com o conjunto de conhecimento existente na época, não é suficiente para manter-se no interior da comunidade à qual foi proposto. Toda a informação contida na projeção de Bischoff também está contida na projeção de

Newman, sob esse critério de avaliação elas provêm o mesmo tipo de conhecimento sobre o ente. Mas algo que difere nesses dois casos é que o conhecimento empírico sobre estabilidade de confôrmeros só seria oferecido de forma mais sistemática a partir de 1920.

Enfim, podemos nos perguntar o que deve conter uma representação gráfica para que seja apropriada e mantida em uso pelos químicos? Nos termos levantados a partir da literatura^{15,19,20}, para que possa ser considerada como um produto que contém informações relevantes para a comunicação entre os químicos, a representação de uma estrutura deve considerar: (i) a natureza dos núcleos dos átomos que participam dela; (ii) a distância (r) entre o centro desses núcleos; (iii) o ângulo (θ) entre as ligações e (iv) o ângulo de torção (ω) considerando que não haja alinhamento entre tais ligações.

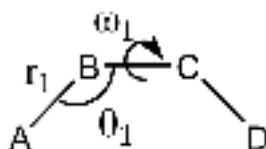


Figura 6. Representação da seqüência de ligação entre quatro átomos, na qual: r_1 é a distância da ligação entre A e B; θ_1 é o ângulo entre as ligações A-B e B-C; e ω_1 é o ângulo de torção entre os átomos B e C

Uma técnica de representação comum na química orgânica e que recebe bastante atenção no Ensino Superior é a *notação em bastão*. Nela há prioridade para a representação das ligações entre os átomos de carbono, o que é feito por meio de traços contínuos considerando-se também os ângulos previstos e os tipos de ligações que ocorrem naquilo que é representado. Os

átomos de hidrogênio ligados aos átomos de carbono e suas ligações podem ficar implícitos e são deduzidos pelo número de ligações que faltam em relação às quatro ligações do carbono. As ligações com átomos diferentes do hidrogênio não podem ficar implícitas e devem ser representadas por traços contínuos conectados ao símbolo do elemento químico correspondente.

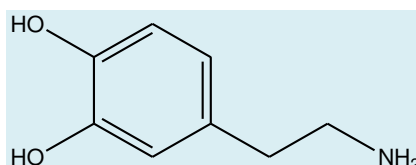


Figura 7. Representação estrutural para a molécula da dopamina

A disputa em torno do caráter epistemológico realista localizado no alvorecer da representação estrutural e no interior do programa de pesquisa da química orgânica parece ter sido afastada durante o século XX. Alguns argumentos para explicar essa afirmação, ainda que em caráter introdutório, são encontrados na literatura específica, ou nos manuais usados no Ensino Superior de Química. Eles apresentam que toda representação gráfica em papel é uma aproximação, uma forma incompleta *a priori* para acessar o *ente químico*. Isso porque é uma representação estática bidimensional para algo que se pretende tridimensional e dinâmico. Como dissemos anteriormente, não vemos isso como um problema, mas como uma imposição inerente a qualquer processo representativo. As soluções de ordem representativa usadas pela química para estas limitações não são inovadoras, pois já estavam dadas de alguma forma na geometria descritiva. Os planos de projeções em diedros e as soluções de perspectivas foram acomodados às formas primárias de representação estrutural em duas dimensões para criar formas específicas de representar. Mesmo assim, qual seja o estatuto epistemológico pretendido pelos químicos para uso em situações de ensino, ele deverá ser colocado em prática pela comunidade nestas situações, e acreditamos que também podem nos fornecer pistas disso as diferentes

maneiras que essa comunidade propõe divulgá-la.

4. A ontologia e o ser dinâmico-tridimensional da representação

Até aqui temos que a representação estrutural pode ser descrita como uma função do conhecimento que se tem sobre as ações causais provocadas pelo ente que pretendemos representar. Parece razoável pensar que é a causalidade dos entes da química no mundo que nos permite representá-los, mas isso nem sempre foi admitido como possibilidade para esse tipo de conhecimento. Não se acreditava que a representação gráfica poderia ser um meio de materializar o ente químico, uma forma de criar certo tipo de identificação da coisa. Os processos de pesquisa e desenvolvimento de produtos operam seus esquemas heurísticos a partir da negociação de sentido com o plano representacional, sejam eles signos gráficos, materiais ou digitais.

Como foi apresentada anteriormente, a ontologia se interessa em analisar aquilo que “dizemos que há”, se interessa em analisar as entidades com as quais estamos comprometidos em considerar como existentes.³¹ Esse esforço é justificável para

produzir conhecimento verdadeiro sobre tais entidades, e parece ainda mais justificável ao considerar-se necessário criar representações delas. Defende-se no presente trabalho que uma investigação sobre a representação de certos entes deve levar em consideração o entendimento acerca da natureza ontológica desse ente.

A conformação ontológica das coisas em relação aos seus signos é um tema abraçado desde a antiguidade, encontrando influências inclusive nas proposições de Platão e Aristóteles. Três questões importantes acerca da noção de representação podem ser extraídas dos textos platônicos *Fédon* e *Crátilo*, a saber: (i) não há representação absoluta de nenhum ente, quer dizer, sempre há diferenças entre representações e representados; (ii) a representação é uma ação que só se realiza sob a condição humana, na qual paira a subjetividade; (iii) o representante cumpre somente certas funções do ente que representa. Aristóteles, por sua vez, focaliza o problema de maneira diferente. Enquanto para Platão a função ontológica da representação é compreendida em termos dos critérios de semelhança, na *Física* de Aristóteles encontramos a distinção entre coisas e conceitos como uma das prioridades do entendimento humano.

A defesa de Aristóteles sobre capacidade humana de distinguir entre conceitos e entes físicos revela que sobre esses conceitos podem ser realizadas tarefas que não são possíveis com aqueles entes. Nesse caso os conceitos são tomados como representações dos entes, mas de algum modo é possível superar atribuições intrínsecas do próprio objeto com exercícios representativos. O exemplo fornecido é da geometria, no qual se percebe que as ações que podem ser tomadas em relação a um retângulo representado são maiores do que qualquer ação em torno de um objeto físico retangular. O que torna isso possível para Aristóteles é a função conhecida como *abstração*.^{29,30} Mas a abstração não pode prescindir de uma função vital para o entendimento acerca das coisas, que é a

identificação.

A identificação de um ente químico é uma tarefa crucial, mas por vezes complexa que movimenta a comunidade dos químicos na direção da criação de restrições como decorrência de questões ontológicas. Para o aprendiz da representação estrutural é importante distinguir entre o igual e o diferente, para isso é preciso certificar-se da identidade do ente químico que é representado por um signo gráfico. A princípio pode parecer trivial, mas não o é para aqueles que estão iniciando o estudo da representação estrutural. A identificação das coisas cria um processo de referência, há um vínculo que pode ser mais poderoso do que a própria causalidade empírica, quando se identifica algo em uma representação.

É necessário considerar a identificação dos entes químicos em relação aos seus representantes, tarefa rotineira nas situações de estudo que envolvem a representação estrutural no Ensino Superior de Química. À primeira vista o processo de identificação pode parecer carente de significado, pois dizer que algo é idêntico a si mesmo acaba por significar tão pouco quanto dizer que algo é um ser. Todavia, Willard Van Orman Quine (1908-2000) considerou possível propor a identidade como um critério do ente. Nas palavras de Quine, se tudo que existe é idêntico a si mesmo, “não existe uma entidade sem identidade”.³² Tais conjecturas propõem à presente investigação tanto o esclarecimento da identidade do representante quanto do representado.

Os critérios que são usados na identificação de entes químicos não podem ser comparados aos que podem ser usados na atribuição de identidade de uma representação estrutural, e o motivo para isso está no domínio ontológico. O ente químico pode ser encarado como uma unidade material, por sua vez ao tomar-se a representação como um signo é necessário verificar qual é o propósito do seu interpretante. Como interpretante, eu escolho o signo que me interessa a determinado processo representativo. De

certa forma, sou livre para criar identidades a partir das representações que escolho usar, e talvez esse seja o sentido principal de uma representação estrutural. Ela provê autonomia ao seu usuário e é a raiz de um processo criativo.

Sabedores de que as definições não são ponto de partida para aprender-se sobre algo, convidamos o leitor para encontrar o que a comunidade de químicos escolhe como marcador da individualidade do ente químico, a partir de uma definição de *espécie química*. Destaca-se a seguir a definição da IUPAC para *espécie química*, por reconhecer o importante papel regulador dessa União de Químicos:

Conjunto de unidades estruturais atômicas e moleculares idênticas ou de entidades moleculares idênticas que podem conter o mesmo conjunto de níveis de energia molecular na escala de tempo do experimento. Por exemplo, dois isômeros conformacionais podem converter-se um no outro devagar o suficiente para serem detectados por seus espectros de ressonância magnética nuclear e então serem considerados espécies químicas diferentes em uma escala de tempo governada pela radiofrequência do espectrômetro usado. Por outro lado, em uma reação química lenta, a mesma mistura de confôrmeros pode se comportar como uma espécie química única, ou seja, existe um equilíbrio populacional quase completo do conjunto de níveis de energia molecular correspondente aos dois confôrmeros. Exceto onde o contexto exige o contrário, o termo refere-se ao conjunto de entidades moleculares contendo isótopos em sua abundância natural.³³

A possibilidade de reconhecer que algo existe no mundo, tendo em vista os critérios da química, requer o uso de um instrumento que seja hábil e creditado para essa função. Para a certificação de um ente químico como algo único e idêntico a si mesmo é necessário submeter-se ao contexto de relações causais em jogo no momento da identificação. Deve-

se também explicitar a “escala de tempo do experimento”, ou melhor, a escala de tempo possível de ser utilizada no instrumento que governa a identificação. Este processo usado para conhecer os entes produzidos nos laboratórios e centros de pesquisa permite afirmar que o instrumento é usado como um componente do critério de verdade acerca daquele ente que está em estudo. Dessa maneira é possível concluir que há um processo de dependência instrumental para o conhecimento dos entes na química.

Como uma derivação desses aspectos apresentados anteriormente, podemos oferecer alguns questionamentos quanto ao processo de representação, novamente sob a égide da ontologia. Pode-se perguntar que tipo de autonomia ontológica percebe um ente resultante de heurísticas da representação estrutural, nas diversas formas de uso que não recorrem ao processo de certificação por instrumentos? A nosso ver a resposta a essa pergunta deverá considerar, inclusive, o aspecto dinâmico do ente químico, para que esse tipo de avaliação consiga levar para essa formulação semiótica uma relação coerente entre representante e representado.

Além das limitações representativas advindas dos aspectos dinâmicos dos entes químicos, outro desafio de natureza ontológica com relação ao processo de representação estrutural é a necessidade de transcender a constituição desse ente como uma categoria privilegiada para o reconhecimento de sua identidade. Entes químicos com constituição idêntica podem diferir em sua estrutura, o que lhes proporciona uma nova identidade. Esse tipo de atividade, que se relaciona ao conceito de *isomeria*, e que não exploramos no presente texto, é um ponto crucial na formação inicial dos químicos. Os isômeros trazem para nosso debate novos desafios para a questão da identidade do ente químico, e revelam um esforço na direção de esclarecer como se pode distinguir, por exemplo, uma molécula de outra. Estes aspectos ontológicos também são cercados de influência dos instrumentos de análise usados nas pesquisas da área.

5. Considerações Finais

O estudo acerca da natureza e das formas de uso atribuídas à noção de representação estrutural no ensino de química permite investigar aspectos ainda pouco explorados na literatura. O primeiro aspecto que move a interpretação do processo de representação no ensino de química para uma nova direção é a primazia de reconhecê-lo como um *processo medial*. O lugar da produção e da ação dos signos responsáveis pela representação estrutural está necessariamente *entre* (i) os sujeitos que usam esses signos, sejam como ferramentas de produção de sentido para pesquisas e aulas, e (ii) os entes que podem ser criados em balões de ensaio e analisados em equipamentos de ressonância magnética nuclear, por exemplo. Os diversos signos representativos tais como as projeções e as notações, devem ser caracterizados como ferramentas semióticas para a produção de sentido em cada forma de uso. Esses sentidos são posteriormente negociados em situações de estudo ou pesquisa inerentes à prática dos químicos, em acordo com as características intrínsecas de seus conteúdos. Isso equivale a dizer que cada projeção ou forma representativa conduz o olhar do interpretante (aluno ou pesquisador) em uma direção que foi acordada pelos membros da comunidade dos químicos, mas que não é inequívoca, pois precisa ser esclarecida em relação aos seus usos em diferentes situações. Nenhuma dessas representações é boa porque é “científica”, mas sim porque atende aos propósitos de um grupo social que debate e comunica sentidos por meio delas.

Outro ponto volta-se para o que foi considerado anteriormente como *incompletude* na atividade representativa. Quando um signo gráfico é tomado em ação representativa nas situações no ensino de química, deve-se reconhecer que ele instancia apenas partes do ente que é desejado ter presente na cena de estudo.

Qualquer exercício representativo a partir, por exemplo, de uma Projeção de Newman, reúne apenas uma parte de todo o conjunto de conhecimento que se encontra disponível sobre um determinado ente químico. Todavia, mesmo sendo incompleta sob o critério das relações possíveis com seu representante, a Projeção de Newman é uma ferramenta semiótica poderosa na solução de problemas acerca da estrutura química. Isso remete ao entendimento de que a ferramenta gráfica em uso para determinada situação de representação estrutural no ensino superior de química é resultado de um *processo intencional*. Ou seja, incompletude e intencionalidade estão de certo modo imbricadas, pois a escolha pelo uso de determinada ferramenta decorre do reconhecimento de quais aspectos podem ser fornecidos por ela, ou, daqueles que não se apresentam disponíveis, no sentido de uma avaliação sobre a extensão da incompletude daquela ferramenta. O reconhecimento do caráter intencional da atividade representativa é uma espécie de certificado de humanidade desse processo, pois desde os tempos da pintura rupestre em cavernas, o traço permanente da atividade humana é a produção de signos incompletos, mas poderosamente eficientes para representar.

Encontramos na literatura algumas confluências com tais questões³⁴, e que consideram que a chave para o entendimento da representação está condicionada a um conjunto de *estados mentais*. Todavia, acreditamos que os contornos que damos aqui podem oferecer novos cenários para os conceitos de intencionalidade e incompletude, e desejamos apresentar uma modalidade do caráter intencional, a partir dos estudos com representações estruturais, que possam estar dissociadas do conceito de *mente*. Nossa argumentação caminha na mesma direção de alguns autores da filosofia da linguagem³⁵ e considera uma confusão conceitual em curso no pressuposto da mente como uma substância independente, e que de fato não é logicamente possível que a mente funcione

como um agente causal que provoca mudanças ao agir no cérebro. Parece estar bem claro, a partir dos contornos históricos e filosóficos delineados aqui, que as escolhas intencionais por uma forma de uso representativa não podem ser designadas pela mente, nem pelo cérebro, mas pela pessoa, ou pelos grupos de pessoas. Devemos priorizar esse processo como algo coletivo e que se mantém por meio de influências históricas e culturais. Entre os objetivos de nossas próximas etapas de investigação está a possibilidade de caracterização da atividade representativa prioritariamente como um *processo intersubjetivo* e acreditamos já estarmos na fase inicial de encontro das respostas nessa direção, tanto a partir da filosofia da noção de representação, quanto nas investigações das situações de estudo do ensino superior.

Tal qual a tensão que foi proposta entre o retângulo e os objetos retangulares por Aristóteles, os signos gráficos da representação estrutural também podem cumprir o papel de conduzir o seu interpretante além da coisa em si. Nesse caso, vamos considerar a soma de todas as projeções possíveis para um determinado ente químico, por exemplo: Newman, Fischer, cavalete, bastão, cunhas, entre outras. Cada uma traz para a nossa cena de estudo uma parte exclusiva do ente. Ainda assim percebe-se que há complementaridade e sobreposição na atividade de tais projeções, que representam tanto diferentes aspectos, quanto o mesmo aspecto de diferentes maneiras. A soma de todas as representações já não pode ser comparada ao ente original. Essa criatura representativa acaba permitindo, por exemplo, novas rotas sintéticas, novos argumentos, novos mecanismos, são transgressores do que existe com o objetivo de produzir novos entes.

Ao final identificamos novos questionamentos e desafios para o projeto de pesquisa dessa relação entre uma Filosofia para a Química e o Ensino de Química. Por exemplo, faz-se necessário focalizar o aspecto dinâmico dos entes na química que

são representados graficamente, e reconhecer as limitações que tal aspecto compõe com a já estabelecida adequação de ordem geométrica. Talvez seja necessário contemplar uma nova face da ontologia para dar conta de forma mais apropriada dos entes químicos. E não mais reduzir todas as avaliações ontológicas ao realismo de propriedades, mas de outra forma aportar no campo da ontologia processual.³¹ Assim, outras e promissoras perspectivas se abrem no circuito das atividades de ensino da representação estrutural.

Referências Bibliográficas

- ¹ Araujo Neto, W. N. *Cadernos Temáticos Quim. Nova Esc.* **2007**, 13. [[Link](#)]
- ² Goodwin, W. M. *Found. Chem.*, **2008**, 10, 117. [[CrossRef](#)]
- ³ Evans, G.; *The varieties of reference*, Oxford University Press: New York, 1982.
- ⁴ Wiberg, K. *Found. Chem.* **2004**, 6, 65. [[CrossRef](#)]
- ⁵ Woody, A. I. Em *Philosophy of Chemistry*; Woody, A. I.; Hendry, R. F.; Needham, P., eds.; Elsevier: Dordrecht, 2012, 427-466. [[CrossRef](#)]
- ⁶ Randić, M.; Zupan, J.; Vikić-Topić, D. *J. Mol. Graph. Model.*, **2007**, 26, 290. [[CrossRef](#)]
- ⁷ Fontanier, J. -M.; *Dicionário latino da filosofia*, São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- ⁸ Pitkin, H. F.; *The concept of representation*, Univ. California Press: London, 1972.
- ⁹ Pereira, R. H. S. *Discurso.* **2009**, 39, 25.
- ¹⁰ Branquinho, J.; Murcho, D.; Gomes, N.; *Enciclopédia de termos lógico-filosóficos*, Martins Fontes: São Paulo, 2006.
- ¹¹ Ramberg, P. J.; *Chemical structure, spatial arrangement: the early history of stereochemistry*, Burlington: Ashgate Publishing Company, 2003.
- ¹² Busch, K. W.; Busch, M. A.; *Chiral Analysis*, Amsterdam: Elsevier, 2006.

- ¹³ Gisnsburg, C.; *Olhos de Madeira: nove reflexões sobre a distância*, Companhia das Letras: São Paulo, 2001.
- ¹⁴ Furetière, A. *Dictionnaire Universel: Contenant généralement tous les mots François tant vieux que modernes, & les termes de toutes les Sciences & des Arts*. Abbé de Chalivoy, de l'Académie Française, A Rotterdam, 1690.
- ¹⁵ Eliel, E. L.; Wilen, S. H.; *Stereochemistry of organic compounds*, John Wiley: New York, 1994.
- ¹⁶ Leigh, G. J.; Favre, H. A.; Metanomski, W. V.; *Principles of chemical nomenclature: a guide to IUPAC recommendations*, Blackwell Science: Oxford, 1998. [Link]
- ¹⁷ HUSSERL, E.; *Recherches Logiques*, Presses Universitaires de France: Paris, 1962.
- ¹⁸ Moreno, L. F. *J. Chem. Educ.* **2012**, *89*, 175. [CrossRef]
- ¹⁹ Sokolov, V. I.; *Introduction to theoretical stereochemistry*, Gordon and Breach Science Publishers: New York, 1991.
- ²⁰ Juaristi, E. *J. Org. Chem.*, **2012**, *77*, 4861. [CrossRef] [PubMed]
- ²¹ Rocke, A. J.; *Image and Reality: Kekulé, Kopp, and the Scientific Imagination*, The University of Chicago Press: Chicago, 2010.
- ²² Inwood, M.; *A Heidegger Dictionary*, Blackwell Publishers Ltd.: Oxford, 1999.
- ²³ Ramberg, P. J.; *Chemical structure, spatial arrangement: the early history of stereochemistry 1874-1914*, Ashgate: Hampshire, 2003.
- ²⁴ Nye, M. J.; *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry*, University of California Press: California, 1993.
- ²⁵ Rocke, A. J. *British J. Hist. Sci.* **1981**, *14*, 27. [CrossRef]
- ²⁶ Evieux, E. A. *J. Chem. Educ.*, **1954**, *31*, 326. [CrossRef]
- ²⁷ Putnam, H.; *Representation and reality*. MIT Press: Cambridge, 1988.
- ²⁸ Ihde, A.; *The development of modern chemistry*, Harper & Row: New York, 1964.
- ²⁹ Cleary, J. J. *Phronesis*, **1985**, *30*, 13. [CrossRef]
- ³⁰ Lear, J. *Phil. Rev.* **1982**, *91*, 161. [CrossRef]
- ³¹ Seibt, J.; *Process Theories: crossdisciplinary studies in dynamic categories*, Kluwer Academic Publishers: Netherlands, 2003.
- ³² Quine, W.; *Theories and Things*, Harvard University Press: Cambridge, 1981.
- ³³ Moss, G. P. *Pure Appl. Chem.* **1996**, *68*, 2193. [CrossRef]
- ³⁴ Searle, J. R.; *Intentionality*, Cambridge University Press: Cambridge, 1983.
- ³⁵ Bennet, M. R.; Hacker, P. M.; *Philosophical Foundations of Neuroscience*, Blackwell Publishing: Oxford, 2003.
- ³⁶ A origem da palavra "estoico" e do estoicismo remete ao termo grego *stoá poikilê*, cujo significado é *pórtico multicolorido*. Zenão costumava lecionar junto aos pórticos de mármore em Atenas, fato que confere aos filósofos estoicistas o título de filósofos do pórtico. Para os estoicos as coisas são parte de um grande organismo, a modificação de uma parte é sentida por todo o resto. Esse tipo de afirmação influencia o conceito estoicista de Homem, Natureza e também da própria Política.
- ³⁷ Para uma aproximação inicial sobre a semiótica de Peirce veja o livro de Lucia Santaella "O que é semiótica?" da editora brasiliense. A obra seminal de Peirce "Semiótica" está traduzida para o português pela editora perspectiva.
- ³⁸ Hoffman, R. Laszlo, P. *Angew. Chem., Int. Ed.* **1991**, *30*, 1. [CrossRef]
- ³⁹ Hoffman, R. *Amer. Sci.*, **2009**, *97*, 450. [CrossRef]