

ABORDANDO O CRESCIMENTO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

Desafios para a documentação, educação em Química e trabalho dos químicos

Joachim Schummer

(Traduzido e adaptado para estudo por Evandro F. Rozentalski, de: “Coping with the growth of chemical knowledge – challenges for chemistry documentation, education and working chemists”, *Educación Química* (México), vol. 10, nº 2, p. 92-101, 1999.)

Resumo: A Química é, de longe, a ciência mais produtiva em relação ao número de publicações. Uma análise minuciosa dos artigos de pesquisa em Química publicados revela que a maioria desses divulga a produção de novas substâncias. O rápido crescimento do conhecimento químico desafia seriamente todas as instituições e indivíduos dedicados à Química. A documentação química, seguindo o princípio da completude, exige a organização de toda a informação química, que, por sua vez, induz a organização da pesquisa em Química. A educação em Química é forçada a buscar princípios razoáveis de seletividade, embora ninguém tenha uma visão geral do todo. A avaliação filosófica destaca que concomitante ao crescimento do conhecimento químico, há um aumento ainda mais rápido do não-conhecimento químico. Uma análise do porquê químicos produzem novas substâncias indica que a proliferação destas últimas é, na maior parte dos casos, um fim em si mesmo. Por fim, este artigo argumenta pela necessidade de um discurso racional entre os químicos a respeito dos objetivos da Química.

1. Introdução: O crescimento exponencial da Química

Observando retrospectivamente a Química do século XX, comumente enfatizamos as grandes realizações deste século. Por exemplo, todos os anos o prêmio Nobel escolhe um único destaque por área¹. No entanto, sem o intuito de diminuir essas realizações dignas de consideração, tal visão retrospectiva precisa ser corrigida em relação a dois aspectos. Primeiro, uma única realização não pode ser suficientemente representativa das centenas de milhares de outras realizações feitas no mesmo ano. Segundo, isso dá a impressão que a ciência cresceria linearmente com um número constante de realizações por ano. Em vez disso, a ciência cresce exponencialmente, apresentando taxas de crescimento em relação à produção de novas publicações (artigos, livros, patentes, etc.) que dobram a cada 12-15 anos (Price, 1961). Nos últimos 15 anos do século XX, verifica-se que a Química publicou mais artigos do que toda a sua história

¹ Nota do tradutor: atualmente, os seguintes prêmios são concedidos: Nobel de Física; Nobel de Química; Nobel de Medicina ou Fisiologia; Nobel de Literatura; Nobel da Paz; e Nobel de Economia. Fonte: <http://www.nobelprize.org>.

anterior (CAS, 1998). E neste ano, 1999, os químicos publicarão centenas de vezes mais artigos do que em 1901, quando van't Hoff recebeu o primeiro prêmio Nobel de Química.

O foco deste artigo não é sobre os destaques da Química, mas, ao contrário, sobre o que é produzido em média ou comumente pela Química. Somente se deixarmos de lado nossos assuntos favoritos da Química e considerarmos o que todos os milhões de químicos estão fazendo ao redor do mundo, é que teremos chance de obter uma ideia mais objetiva do que acontece na Química como um todo. Como um filósofo da ciência, cuja formação inicial foi em Química, meu interesse geral reside em questões filosóficas da Química (vide Schummer, 1997a). Mas, surpreendentemente, a Química parece “evitar” todos os tipos de abordagens filosóficas direcionadas a ela, de tal maneira que os filósofos da ciência simplesmente negligenciaram a Química até recentemente. Mesmo hoje, muitos filósofos pensam que a Química Quântica e sua relação com a Mecânica Quântica é a única questão digna de se refletir a respeito. A Química parece não se ajustar à imagem de ciência divulgada pelos filósofos da ciência. De fato, uma das características mais notáveis da Química é que ela não descreve e explica unicamente nosso mundo tal como ele é; químicos, mais do que isso, criam seus próprios objetos de investigação, isto é, eles produzem novas substâncias químicas.

A produção de novas substâncias não é de maneira alguma uma atividade secundária na Química. Em termos quantitativos é, de longe, a principal atividade dos químicos. Uma análise de 400 artigos voltados para a ‘química geral’, mostrou que em 75% deles, no mínimo uma nova substância era divulgada (Schummer, 1997c). Em média, cada resumo publicado atualmente pela *Chemical Abstracts*² apresenta duas novas substâncias. Temos muitas evidências de que produzir novas substâncias tem sido a principal atividade dos químicos ao longo dos últimos 200 anos (Schummer, 1997). O número de substâncias conhecidas tem crescido exponencialmente desde 1800, de algumas centenas até aproximadamente 19 milhões hoje. Uma vez que o número dobrou de maneira constante a cada 13 anos durante todo o período, é possível estimar que teremos aproximadamente 80 milhões de substâncias em 2025, e aproximadamente 300 milhões em 2050. Se no próximo século apresentarmos a mesma taxa de crescimento do século XX, devemos esperar aproximadamente 5 bilhões de substâncias em 2100!

A seguir, discutirei alguns problemas que surgem a partir do crescimento exponencial das substâncias e do conhecimento correspondente. Antes de tudo, considerarei como a documentação e a educação em Química podem abordar esse desenvolvimento. Posteriormente, lanço um olhar filosófico no crescimento do conhecimento químico e comparo esse com a nossa falta de

² Nota do Tradutor: A *Chemical Abstracts* é uma plataforma de registro de novas substâncias químicas criado em 1965 pela Sociedade Americana de Química (ACS, em inglês, *American Chemical Society*). Assim, desde sua criação, cada nova substância química recebe um número de registro. Além disso, as substâncias produzidas antes de sua criação também foram submetidas a processo de catalogação, de modo que esse sistema abrange a identificação de substâncias produzidas desde o começo do século XVIII. Para ser registrada, a nova substância deve ser publicada em um dos mais de 10 mil periódicos científicos ao redor do mundo que compõem o banco de dados da *Chemical Abstract*. Segundo os criadores da *Chemical Abstract* “está é a única organização em todo o mundo cujo objetivo é identificar, reunir e organizar publicamente todas as informações divulgadas das substâncias químicas” (FONTE: <http://www.cas.org/>).

conhecimento químico. Finalmente, dirijo ao ponto central, o porquê dos químicos estarem produzindo novas substâncias. Depois, tendo em vista que químicos respondem a essa questão implicitamente, argumento por um discurso racional e explícito a respeito dos objetivos da Química.

2. Desafios para a documentação e educação química

2.1. Documentação química e o princípio da completude

Sistemas de documentação científica, tais como bibliotecas, resumos de periódicos científicos, índices de citação, bibliografias, *handbooks*, banco de dados, etc., são ordenados pelo *princípio de completude* com relação ao seu respectivo tipo de informação. Primeiro de tudo, toda a unidade de informação possui o mesmo valor, contanto que essa pertença a um mesmo campo e seja confiável de acordo com os padrões da prática científica. Um tipo de informação hierárquica é introduzido somente implicitamente devido às exigências de encontrar e recuperar a informação. Por exemplo, um assunto ou um índice de palavras-chave abrange somente itens considerados “importantes”. E a divisão de um campo científico em seções e subseções reflete de algum modo o estado do campo de pesquisa correspondente; eventualmente, esse precisa ser ajustado se um novo campo de pesquisa surge ou se formalmente campos “menos importantes” tornam-se “mais importantes”, e vice-versa. Mas, em geral, o princípio de completude é inconsistente com qualquer tipo de seletividade. Em particular, ele exige que ignoremos critérios de utilidade com base em nossas necessidades atuais. Não devemos perguntar se uma determinada informação é boa para algo. Pode ser que ela se torne importante no futuro para resolver problemas dos quais nós ainda não temos qualquer ideia hoje. A mera possibilidade é suficiente para justificar a documentação.

Nem é preciso dizer que o princípio de completude desafia severamente todos os indivíduos e instituições envolvidas com o rápido crescimento da informação em campos tais como a Química. A Química é, de longe, a ciência mais produtiva se consideramos o número de resumos da *Chemical Abstracts*. Os químicos produzem mais artigos do que todas as outras ciências naturais e sociais juntas (Tague *et al.*, 1981). Para estarmos atualizados em todas as áreas da Química deveríamos ler aproximadamente 2 mil novas publicações todos os dias (CAS, 1998). Se preferir ler somente resumos curtos, deveríamos ler 200 páginas por dia ou aproximadamente 70 mil páginas por ano. Além disso, uma vez que o número de publicações em Química aumenta também exponencialmente, precisaríamos dobrar nossa capacidade de leitura dentro dos próximos 15 anos.

Um dos desafios mais significativos para as instituições é lidar com as limitações econômicas. De acordo com todas as medidas cientométricas³ (número de cientistas, publicações, periódicos científicos, etc.) da ciência, e em particular da Química, presenciamos nos últimos 100

³ Nota do tradutor: A cientometria é definida como o estudo da mensuração e quantificação do progresso científico e tecnológico. Para tal fim, a cientometria adota, dentre outros parâmetros, a mensuração de diferentes publicações científicas, tais como artigos, livros e revistas científicas para estimar o crescimento da ciência. In: Silva, J.A.; Bianchi, M. L. P. (2001). Cientometria: a métrica da ciência. *Paidéia*, 11(20), 5-10.

anos um crescimento mais rápido do que, por exemplo, o PIB (Produto Interno Bruto) e a população mundial. Um sistema ideal de documentação deveria tornar disponível toda a informação para os químicos. A informação química primária é majoritariamente publicada em periódicos científicos. A *Chemical Abstracts* monitora, atualmente, mais de 8000 destes. Baseado no número de autores das publicações reunidas pela *Chemical Abstracts*, existem atualmente aproximadamente 3 milhões de químicos ao redor do mundo. De acordo com uma estimativa grosseira, um sistema ideal de documentação da Química custaria centenas de bilhões de dólares a cada ano somente para a assinatura – isto é, ter acesso a essas informações –, deixando de lado custos para estocar e processar a informação, que podem ser consideravelmente reduzidos por publicações eletrônicas.

É claro que ninguém é capaz de ler todas as publicações da Química, nem mesmo todas as publicações de uma pequena área. Assim, estar atualizado, ser universalmente informado e competente tornou-se uma mera ficção há muitas décadas. E é claro que nenhuma biblioteca comum de ciência, exceto uma quantidade reduzida de mega-bibliotecas, é apta a assinar todos os periódicos de Química. A imensa produção de informação química tem mudado consideravelmente todo o sistema.

Em primeiro lugar, fontes primárias de informação, isto é, periódicos de química, têm perdido sua importância em favor de fontes secundárias, isto é, bases de dados pesquisáveis. Ao lado de alguns poucos periódicos líderes de cada área, que atraem leitores principalmente por artigos de revisão, a grande maioria dos periódicos de Química são divulgados hoje indiretamente através dos filtros dos bancos de dados. Certamente, fontes secundárias têm uma longa tradição na química na forma de *handbooks*, como, por exemplo, os mais notáveis *handbooks* de Gmelin (desde 1817) e Beilstein (desde 1880). Mas, o papel das fontes secundárias tem mudado gradualmente. No passado, fontes secundárias visavam principalmente fornecer resultados de estudos e referências, mas hoje se tornaram fontes adequadas de informação na forma de bancos de dados eletrônicos. Foi assim que os sistemas de documentação química responderam aos desafios mencionados. A análise profissional dos artigos junto com um rápido processamento e recuperação eletrônica da informação tem fornecido um novo nível de informação que tenta satisfazer as exigências relativas à completude e ao acesso a informações atualizadas.

Vamos considerar algumas consequências dessa evolução. Primeiro, existe uma nova demanda sobre o sistema de documentação e seus usuários. A análise dos artigos e o processamento de informações não é uma mera coleção de informações, mas um tipo de interpretação textual que viola o princípio de completude por definição. Necessariamente precisamos de critérios para decidir o que devemos considerar como informação importante para alimentar o banco de dados. A demanda sobre o “gestor da informação” residiria idealmente em prever todo o tipo de pergunta que as pessoas poderão colocar em um futuro distante. Dado que o foco do interesse científico muda naturalmente ao longo do tempo, seria impossível satisfazer essa recomendação. Conseqüentemente, grande parte da informação de fontes primárias, que podem vir a ser importantes no futuro, podem não ser recuperáveis a partir do banco de dados. A mudança

a partir de navegadores para buscadores produz uma diferença substancial no acesso à informação por usuários. Se você deseja pesquisar em um banco de dados, espera-se que você o conheça antes, saiba o que está procurando, e precisa conhecê-lo em termos exatos do sistema de pesquisa. Além disso, existem tipos de problemas científicos, em particular em áreas de pesquisa inovadoras, que não podem ser formuladas em termos de perguntas bem definidas ou palavras-chave, e para os quais os navegadores seriam o tipo de acesso mais apropriado.

Em segundo lugar, a evolução dessa situação também tem impactado sobre o estilo de escrita e o tipo de informação apresentada em artigos de periódicos científicos. Formalmente, os autores direcionam seus artigos, primeiramente, para colegas de sua comunidade científica (denominadas “comunicações”). Atualmente, artigos são cada vez mais direcionados para gestores da informação, cuja tarefa é extrair a informação relevante para alimentar um banco de dados. Assim, o estilo tem se tornado cada vez mais técnico e esquemático; autores se esforçam para tornar toda a informação tão explícita quanto possível. Além disso, se o objetivo do artigo é contribuir para o banco de dados, a informação apresentada também deve ser adaptada às categorias do banco de dados. Assim, dificilmente encontraremos especulações, hipóteses ou qualquer outra forma complexa de raciocínio em artigos da Química. Em vez disso, a esmagadora maioria de artigos da Química centra-se em novas substâncias, sua preparação e propriedades, incluindo estrutura e reatividade (Schummer, 1997c). Hoje, qualquer artigo obtido da *Chemical Abstracts* apresenta, em média, 2 novas substâncias, em comparação com aproximadamente 0.5 em 1950 (Schummer, 1997b, p. 118)! Uma vez que as substâncias químicas constituem a maior categoria de sistematização da informação química em bancos de dados, esta tendência não parece ser ao acaso. Ao contrário, temos evidências para acreditar que o sistema de documentação impacta indiretamente sobre o tipo de informação produzida pelos químicos. Em outras palavras, a inclinação dos químicos de proliferar o número de substâncias não é somente documentada; o sistema de documentação também influencia a inclinação dos químicos a produzir mais novas substâncias.

2.2. A educação em Química e os princípios de seletividade

O sistema de documentação e o sistema de educação são semelhantes em sua orientação do conhecimento direcionado ao futuro. A informação é documentada porque é possível que ela seja útil no futuro; e pessoas são educadas em Química porque acreditamos que elas precisarão do conhecimento químico no futuro. Entretanto, ambos os sistemas devem tratar o crescimento do conhecimento de maneira exatamente oposta. Enquanto o sistema de documentação tenta aplicar o princípio da completude, os sistemas educacionais são forçados a aplicar de maneira razoável os *princípios de seletividade*. A necessidade de seletividade ampara-se a partir da constatação de uma fonte de tempo limitada na educação em Química. Em minha opinião, o principal debate entre educadores químicos centra-se na questão: Que tipo de princípio de seletividade devemos aplicar

para extrair as partes do conhecimento químico a ser ensinado no Ensino Fundamental, Ensino Médio e Ensino Superior⁴, respectivamente?

A primeira resposta pode ser derivada a partir da última seção; ou seja, que um determinado conceito de seleção não faz sentido por muito tempo. Como tenho salientado, *ninguém pode realmente ter uma visão geral de todo o conhecimento químico*. Isso é definitivamente impossível para um ser humano. Basta lembrar que devemos ler 20 publicações todos os dias a fim de cobrir somente 1% de todas as publicações em Química! Entretanto, a fim de fazer uma seleção, devemos conhecer o todo. Se a leitura de 20 publicações por dia é uma espécie de limite máximo, podemos supor que qualquer afirmação feita por autoridades da química abrange, na melhor das hipóteses, 1% do conhecimento de fontes primárias. Como consequência, toda a seleção do conhecimento químico pelos seres humanos é necessariamente arbitrária.

Como temos visto, o sistema de documentação da Química tenta lidar com a proliferação em massa do conhecimento químico pela alimentação dos bancos de dados com informação pesquisável. Assim, o único modo de selecionar as partes a partir de todo o conhecimento químico é usar as plataformas de busca dos bancos de dados. Mas, esse não é o tipo de seleção que a educação química necessita, uma vez que não podemos empreender buscas nos bancos de dados de acordo com critérios de importância.

A falta de reflexão sobre essa questão tem levado a educação em Química a situações absurdas, pelo menos no nível universitário. Há 150 anos, *handbooks* de Química eram escritos para abranger as necessidades da educação em Química, isto é, não existia diferença entre *handbooks* e *livros-texto* no nível universitário. A necessidade de livros-texto como um gênero próprio começou a surgir a partir do imenso crescimento da extensão dos *handbooks*. Assim, os livros-texto de Química foram concebidos como resumos de *handbooks*, isto é, uma coleção estruturada de fatos. Apesar de os últimos 20 anos terem fornecido alguns novos e excelentes livros-texto de Química, ainda existe uma tendência predominante de a escrita dos livros-textos se pautar em um resumo de *handbooks*. O absurdo desta tradição de livros-texto fica claro se consideramos o crescimento da informação em *handbooks*, hoje em dia armazenados em bancos de dados. Uma vez que dobramos a taxa de crescimento em relação à produção de novas publicações (artigos, livros, patentes, etc.) a cada aproximadamente 12-15 anos, a quantidade de “informação de *handbooks*” é agora mil vezes maior do que a quantidade de 150 anos atrás! Dada a impossibilidade de uma visão geral, como já salientado, esses livros-textos atuais já não são mais um resumo dos *handbooks*, mas uma seleção totalmente arbitrária da informação contida neles. Essa seleção é em certo sentido arbitrária porque ninguém pode proporcionar qualquer razão objetiva para justificar a seleção. Se esses livros-texto são usados como a base de cursos de Química – e eles ainda estão sendo usados em nível universitário –, então podemos supor que

⁴ Nota do tradutor: no artigo original, em inglês, o autor indica os níveis de ensino do contexto alemão, assim, a tradução adequou os nomes dos níveis de ensino referentes ao contexto brasileiro por questões de familiaridade dos leitores. No entanto, há que se esclarecer que cada sistema educacional possui suas particularidades, como por exemplo, diferentes currículos, diferentes divisões dos níveis de ensino, etc.

esses conduzem ao seguinte equívoco fundamental: se os estudantes são confundidos com bancos de dados, eles devem ser alimentados com uma seleção arbitrária de informação química.

Para não confundirmos os estudantes com os bancos de dados, devemos considerá-los como possíveis usuários dos bancos de dados, de maneira que os *estudantes devem aprender a localizar e a utilizar informação a partir de bancos de dados*. Utilizar um telefone não requer o aprendizado de todos os números contidos em uma lista telefônica, mas, sim, o aprendizado de uma porção de outras habilidades gerais. Similarmente, utilizar um banco de dados de Química requer uma grande quantidade de conhecimento químico, que pode diferir significativamente tendo em vista o tipo de conhecimento armazenado em um banco de dados específico. Diante disso, devemos conhecer a natureza do conhecimento armazenado, em qual banco de dados ele é encontrado e, por consequência, estar ciente que ele não é armazenado em todos os bancos de dados conhecidos. Devemos estar aptos a identificar que tipo de informação é útil para resolver determinado problema, e como essa pode ser transformada ou adaptada para resolver nosso problema. Devemos conhecer como encontrar informação em bancos de dados, isto é, como usar as categorias de pesquisa disponibilizadas pelos bancos de dados. E, por fim, mas não menos importante, identificar qual é o problema e como ele pode ser resolvido por meio de um banco de dados de Química.

O propósito deste trabalho não é adentrar nos detalhes citados anteriormente, mas salientar somente dois aspectos gerais a respeito disso. Primeiro, o deslocamento do aprendizado dos *dados* de bancos de dados em direção ao aprendizado das *regras* dos bancos de dados implica em um princípio razoável de seletividade para lidar com o crescimento da informação. A habilidade para usar um banco de dados é relativamente independente da quantidade de informação armazenada nele. Segundo, o deslocamento implica em diferentes ênfases em relação ao conhecimento químico. Bancos de dados fornecem respostas a questões bem definidas; isto é, o uso de banco de dados é basicamente pautado na busca de respostas a *problemas*. Assim, em vez de aprender a responder as possíveis questões, estudantes devem aprender a enunciar questões (ou problemas) as quais eles próprios podem encontrar respostas possíveis. Diante disso, a ênfase é sobre os *problemas*, e não sobre as respostas aos problemas. Além disso, é importante notar que esses problemas não precisam ser internos à Química. Enquanto as respostas são definitivamente de natureza química, os problemas podem se originar de áreas consideravelmente diferentes, oriundas de outras disciplinas científicas, da política, da vida quotidiana, etc. Visto isso, *a competência química necessariamente transcende o âmbito da Química formal*.

Como mencionado anteriormente, pessoas são educadas em Química porque acreditamos que elas precisarão do conhecimento químico no futuro. Como atualmente não conhecemos nem os problemas do futuro, muito menos qual conhecimento é adequado para resolvê-los, isso implica que estudantes devem ser formados tendo em vista dois aspectos. Eles devem tornar-se aptos a reconhecer problemas que podem ser abordados com o conhecimento químico, e, também, aptos a reunir eles próprios o conhecimento relevante na solução do problema.

3. Análise filosófica do crescimento do conhecimento químico

3.1. Otimismo filosófico *versus* pessimismo filosófico

Atualmente, filósofos da ciência podem ser divididos, em linhas gerais, em relação às suas visões sobre o crescimento absoluto do conhecimento científico. Tradicionalmente, a maioria dos filósofos defende uma visão otimista, afirmando que o progresso do conhecimento científico baseado sobre um crescimento absoluto do conhecimento é possível. Kuhn, Feyerabend, e outros, criticaram contundentemente essa visão na década de 1960 por meio de argumentos metodológicos e históricos (uma leitura clássica sobre este debate pode ser encontrada em Lakatos & Musgrave, 1970). A visão cética ou pessimista diz que a substituição de teorias, ou uma substituição de paradigmas no sentido Kuhniano, pode ser considerada como uma ruptura radical do desenvolvimento científico, a ponto de se afirmar que a ciência feita antes do rompimento e a ciência feita após o rompimento são incomensuráveis uma com a outra. O termo *incomensurabilidade* significa que não podemos comparar a teoria antiga com a nova teoria, pois cada uma delas é expressa por uma linguagem diferente e seus conceitos possuem significados distintos, conseqüentemente, inviabilizando a afirmação de que a substituição de uma teoria por outra conduz ao progresso ou regresso da ciência. Otimistas, como Popper e seus seguidores, rejeitam a tese da incomensurabilidade entre teorias. Eles defendem que a substituição das teorias deve ser acompanhada por algum tipo de aperfeiçoamento baseado em um critério absoluto. Enquanto as teorias estão sempre sujeitas a possíveis falseamentos, Popper afirma de maneira otimista que o desenvolvimento científico se aproxima, passo a passo, da verdade (*verossimilhança*).

Passemos agora à questão de se nossos resultados sobre o crescimento exponencial das substâncias químicas pode contribuir a esse debate filosófico. Naturalmente, novas substâncias não são novas teorias. O que se observa é que químicos caracterizam todas as novas substâncias através de várias propriedades materiais. Por isso, cada nova substância obtida em laboratório conduz ao aumento de nosso conhecimento químico, pois uma quantidade de informações químicas é obtida pela caracterização das propriedades dessa nova substância. É difícil de imaginar como este tipo de conhecimento químico pode ser afetado pela substituição de teorias. No mínimo, o conhecimento sobre como produzir novas substâncias parece ser totalmente resistente a qualquer mudança de teorias. Como consequência, existe um crescimento acumulativo do conhecimento químico ao longo da produção e caracterização de novas substâncias. Diante disso, podemos estimar, ainda que de maneira grosseira, o crescimento do conhecimento em termos quantitativos. Uma vez que toda nova substância é caracterizada, no mínimo em relação a algumas propriedades materiais básicas, o crescimento exponencial de substâncias é acompanhado, em alguma medida, pelo crescimento exponencial do conhecimento químico. Essa característica do crescimento do conhecimento químico não é, geralmente, levada em conta pela visão cética para entender o crescimento do conhecimento.

Nós estamos então obrigados a manter a visão otimista? Primeiramente, nota-se que a persistente negligência dos filósofos em relação à Química, no sentido de entender a Química pela própria Química, conduziu a uma situação em que há uma dificuldade de aplicar seus conceitos, suas visões de ciência, em toda a Química. A ideia de uma teoria universal (ou uma sequência de teorias sucessoras em direção a uma descrição verdadeira do nosso mundo) pode ser justificável quanto se trata da Física teórica. Mas, dificilmente encontra correspondência em outras disciplinas científicas, incluindo a Química. A maior parte das teorias químicas não se restringe apenas a certos âmbitos de fenômenos ou domínio de substâncias. Químicos estão permanentemente *mudando* o mundo, não apenas o descrevendo e o explicando conforme pensam os filósofos da ciência sobre a atividade do cientista. Ao referir-se a conceitos tais como verdade ou verossimilhança⁵ das teorias, filósofos como Popper parecem pressupor um mundo dado, fixo e finito. Entretanto, um dos principais objetivos da Química é produzir novas substâncias, o que implica em mudar e ampliar nosso mundo.

Se nos guiarmos por essa última consideração, devemos avaliar o crescimento do conhecimento químico a partir de uma perspectiva bastante diferente. Como veremos a seguir, existem no mínimo duas razões que nos levam a uma avaliação menos otimista.

3.2. O crescimento do conhecimento diante de uma infinidade de conhecimento possível

Não temos nenhuma razão para assumir que o domínio de substâncias possíveis é limitado. Se partirmos disso, devemos avaliar o crescimento finito do conhecimento químico contra a perspectiva de uma *infinidade de conhecimento possível*. Um domínio infinito de substâncias possíveis corresponde a uma quantidade infinita de conhecimento possível que ainda não temos acesso. Certamente, um aumento rápido de nosso conhecimento químico conduz a uma diminuição da nossa falta de conhecimento em certo sentido. Mas, isso não importa, pois a matemática força-nos a aceitar que uma diminuição finita de uma quantidade infinita não afeta essa última. Como consequência, qualquer que seja a taxa de crescimento do conhecimento químico, essa não mudará o fato de que *nossa distância do conhecimento é infinita e permanecerá infinita no futuro*.

Os químicos não estão habituados a refletir sobre a infinidade de conhecimento possível. E muitos podem pensar que isso é somente uma brincadeira a respeito. Em um primeiro momento, a questão se o domínio do conhecimento possível é infinito ou não, não atinge diretamente a pesquisa de um químico individual. Apesar disso, não há dúvidas de que haja consequências para a Química como um todo, o que, por sua vez, atinge indiretamente a pesquisa de um indivíduo. Diante da perspectiva de uma infinidade de conhecimento possível, a completude do conhecimento não pode ser um objetivo da Química, em contraste com o objetivo de outras ciências, como a Botânica, a Zoologia e mesmo a Física. Ainda, diante da perspectiva de uma infinidade de pesquisa possível, a

⁵ Nota do tradutor: O termo *verossimilhança*, ou *verossimilitude* dependendo do texto consultado, é usado por Popper para designar a aproximação da verdade, não sendo a própria verdade.

decisão de um ou outro campo de pesquisa não pode ser justificada por razões epistemológicas tradicionais, isto é, compreender o mundo tal como ele é. E, por fim, diante de uma perspectiva de uma infinidade de substâncias possíveis, a produção de novas substâncias carrega alguma arbitrariedade: por que produzir essas substâncias e não outras? As ciências que se deparam com uma infinidade de conhecimento possível evocam outras razões além das razões epistemológicas tradicionais; o mero crescimento quantitativo do conhecimento não é mais uma justificativa suficiente.

Em suma, embora tenhamos definitivamente um crescimento exponencial do conhecimento na Química, isso não satisfaz a visão otimista compartilhada por alguns filósofos da ciência. Ao contrário, estar diante de uma infinidade de conhecimento possível nos conduz a avaliá-lo baseado em valores diferentes dos valores epistemológicos tradicionais.

3.3. O crescimento do conhecimento químico aumenta a nossa falta de conhecimento

Existe uma segunda razão, talvez ainda mais importante, para refutar qualquer visão otimista em relação ao crescimento do conhecimento químico: a proliferação exponencial de novas substâncias é acompanhada por uma proliferação acima da exponencial a respeito do conhecimento químico *possível*, isto é, o *novo conhecimento químico aumenta nosso 'não-conhecimento químico'*. Isso pode parecer um paradoxo, mas é uma particularidade das propriedades químicas. Estas nos dizem algo sobre a reatividade de duas ou mais substâncias para formar outras substâncias. Assim, o número de possíveis propriedades químicas depende do número de combinações das substâncias já existentes. Quanto mais substâncias temos, maior é o número de possíveis combinações de substâncias para as reações. Se nosso mundo consistisse de n substâncias, então a produção de uma única nova substância permitiria considerar n novos pares de combinação de substâncias, isto é, n novos pares de reações possíveis. Podemos ir além e considerar as reações com três substâncias, quatro substâncias, etc., bem como variações de concentração e outras condições reacionais, de modo que o número de novas propriedades químicas possíveis cresceria imensamente. Esclarecemos que não é necessário que toda a combinação leve a uma reação química, o que conta é a mera possibilidade disso para avaliar que nossa falta de conhecimento supera nosso conhecimento químico.

Passemos a considerar agora como essa reflexão filosófica relaciona-se com a Química e a sociedade. O crescimento da nossa falta de conhecimento é tanto uma oportunidade quanto um risco. Primeiro, cada nova substância nos torna ciente da distância em relação ao novo conhecimento e como tal pode guiar a pesquisa em Química. Cada nova substância abre um leque de novas reações químicas possíveis. Assim, isso aumenta imensamente a capacidade de produzir mais novas substâncias. Em outras palavras, novas substâncias servem para produzir mais novas substâncias. De fato, existe alguma evidência de que esse tipo de 'feedback' é atualmente responsável pelo crescimento *exponencial* de substâncias em algumas áreas (Schummer, 1997b/c).

O crescimento da falta de conhecimento é uma espécie de força que dirige a pesquisa em Química. Certamente, a distância entre todo o conhecimento possível aumenta mais rápido do que o nosso conhecimento, como salientei anteriormente. Mas, o caso é diferente em campos bem específicos, onde umas poucas 'substâncias chave' podem tornar acessíveis à Química classes inteiras de substâncias.

Se deixarmos o laboratório e, em particular, se nossas novas substâncias deixarem o laboratório, o crescimento da distância do nosso conhecimento em relação à nossa falta de conhecimento começa a se tornar um sério problema, de modo que todos deveriam estar preocupados com isso. No laboratório, os estudos de reatividade química tratam de sistemas químicos simples, principalmente envolvendo duas ou três substâncias puras selecionadas. Quaisquer que sejam as regras de seleção que guiam as investigações sabemos que a pesquisa de laboratório pode abranger somente uma fração diminuta e reduzida de todas as propriedades químicas. Sistemas reais ou 'naturais', por outro lado, são extremamente complexos e não são passíveis de serem reproduzidos em laboratório. Desses, espera-se que revelem toda uma complexidade de propriedades químicas. Assim, sistemas reais confrontam-nos com nossa atual situação epistemológica, a saber, um rápido crescimento da nossa falta de conhecimento. Nosso raciocínio matemático simplista torna-se importante agora: se nosso mundo consiste de n substâncias, a adição de uma única nova substância permite considerar n pares de novas reações possíveis para formar novas substâncias químicas, que, por sua vez, podem ser submetidas a mais reações, e assim por diante. A partir de um ponto de vista químico, nosso mundo não é uma mera reunião de substâncias, mas um complexo sistema reacional dinâmico. A adição de uma única nova substância pode afetar um número incontável de mudanças imprevistas. E até onde sabemos, a adição de duas substâncias não dobra meramente o número de mudanças imprevistas, essa razão pode ser maior. Levando-se em conta isso, o atual crescimento exponencial de novas substâncias – não somente no laboratório, mas também em nosso ambiente – finalmente nos leva a uma avaliação pessimista do conhecimento químico. Tendo em vista isso, somos forçados a admitir que devido às mudanças químicas do nosso ambiente material, a compreensão química desse mesmo ambiente material está perdendo espaço muito rapidamente. (Visando evitar possíveis equívocos, eu enfatizo que não desejo propagar nenhum tipo de catástrofe ambiental. Ao contrário, minha tese é que diminuimos rapidamente o conhecimento químico sobre o nosso futuro ambiente.)

4. Os objetivos da Química

A partir da perspectiva da filosofia da ciência, é extremamente difícil compreender o que é a Química como um todo. Isso é devido parcialmente a conceitos de ciência unidirecionais, isto é, a seleção de uma disciplina científica como modelo de ciência – a saber, a Física – e aplicação desse modelo para explicar outras disciplinas científicas – como, por exemplo, a Química –, que filósofos têm propagado durante os últimos séculos. Eles simplesmente confundem uma pequena área da

Física com toda a ciência, ou para ser mais correto, com toda a riqueza das disciplinas científicas. Compreender o mundo como ele é em termos de teorias universais é certamente um objetivo honroso. Mas, isso definitivamente não é aplicável a todas as ciências, e para muitos campos esse aspecto nem ao menos faz sentido. Por exemplo, produzir novas substâncias – uma atividade central dos químicos nos últimos 200 anos – não descreve o mundo, mas modifica-o; assim, seria imprudente afirmar que o químico compreende um mundo dado, fixo e finito. Nesta visão da filosofia da ciência tradicional, a atividade do químico não seria ciência. Entretanto, apesar do foco unidirecional da filosofia da ciência, sua abordagem geral é útil, principalmente para compreender a ciência em termos de seus objetivos e métodos. Diante disso, o que se nota é que *a principal dificuldade em compreender a química surge a partir do fato de que nós (não-químicos bem como químicos) não temos uma ideia clara a respeito dos objetivos da Química*. A minha impressão pessoal é que químicos tendem a evitar essa questão.

Antes de discutirmos essa questão, faz-se necessário salientar a diferença entre motivações psicológicas de um cientista individual e os objetivos de uma disciplina científica. Os cientistas individuais buscam felicidade, satisfação da curiosidade, reputação, honra, poder, dinheiro, etc., dependendo dos seus valores pessoais. Uma disciplina científica, ao contrário, estabelece valores em um nível e natureza bastante diferentes, alguns deles discutidos pelos filósofos da ética profissional. Diferentemente de motivações psicológicas, os objetivos de disciplinas científicas são manifestados de maneira mais ou menos implícita em regras da comunidade na avaliação das atividades científicas. Por exemplo, considere a avaliação dos resultados científicos. Esses são medidos de acordo com a extensão de suas contribuições para alcançar os objetivos da disciplina científica. Assim, em termos da filosofia da ciência clássica, um resultado seria considerado inútil se ele não contribuísse para nossa compreensão do mundo dado, apesar da satisfação pessoal do pesquisador em ter feito tal pesquisa.

Como dito anteriormente, 'compreender o mundo como ele é pode definitivamente não ser o objetivo da produção de novas substâncias. Quais, então, são os objetivos científicos desta atividade central da Química? Por que químicos produzem novas substâncias? Há objetivos científicos em tudo? E como podemos identificá-los?

4.1. Objetivos implícitos na produção de novas substâncias

O que se observa, em linhas gerais, é que não existe discurso explícito sobre os objetivos científicos gerais de produzir novas substâncias na Química. Certamente, cada químico está preparado para indicar algumas razões em termos da sua subárea particular. Mas, essas razões são em sua maior parte incompreensíveis para pessoas externas a essa subárea, pois as razões referem-se a valores específicos compreensíveis e aceitos somente por membros da subcomunidade correspondente. Por outro lado, objetivos científicos gerais da Química são baseados em valores compreensíveis e aceitos pela maioria dos químicos. Todavia, uma vez que

não existe discurso explícito a respeito dos objetivos gerais da Química, devemos investigar ocorrências no trabalho dos químicos nas quais os valores estejam, no mínimo, implícitos. É este o caso, por exemplo, quando resultados químicos são avaliados de acordo com sua importância para um público químico geral, isto é, composto por químicos das mais diferentes subáreas da Química. De fato, periódicos científicos voltados para a química geral solicitam aos autores que salientem a importância de seus resultados em termos gerais. Assim, as razões apresentadas pelos autores procuram refletir, ainda que implicitamente, os valores científicos aceitos pela comunidade de químicos. Salienta-se que as razões não precisam corresponder a motivações psicológicas, mas devem se referir, de algum modo, a valores geralmente aceitos. Diante disso, artigos em periódicos científicos de química geral são uma fonte valiosa para identificar os valores e objetivos de produzir novas substâncias. Os resultados apresentados a seguir são baseados em uma análise textual cuidadosa de 300 artigos publicados entre 1980 e 1995 na *Angewandte Chemie*⁶ (Schummer, 1997c). Cada artigo apresenta, no mínimo, uma nova substância bem como as razões para a importância geral dos resultados.

Uma concepção amplamente divulgada, embora equivocada, descreve que produzir novas substâncias é um empreendimento totalmente tecnológico. No entanto, como eu tenho dito em outro artigo (Schummer, 1997d), todos os esforços para distinguir entre os conceitos de ciência e tecnologia fracassam se tentamos aplicá-los à Química porque eles dependem de conceitos unidirecionais, desatualizados ou arbitrários de ciência. Ainda assim, possíveis aplicações relacionadas às novas substâncias representam um objetivo aceito na comunidade de químicos. Por outro lado, se consideramos as razões para produzir novas substâncias, tais como as apresentadas pelos químicos em suas publicações, verifica-se que aproximadamente 77% delas não consideram possíveis aplicações tecnológicas de suas substâncias – nós não encontramos nem mesmo uma breve menção a respeito. Naturalmente, aplicações tecnológicas têm se tornado uma justificativa importante no levantamento de financiamento para a pesquisa. Por consequência, existe um aumento de menções a possíveis aplicações de novas substâncias durante os últimos 15 anos. Mas, isso é somente uma mudança de retórica. A verdade é que o número de substâncias cresce mais rápido do que o número de patentes químicas, que é uma boa estimativa da pesquisa aplicada. Em média, os químicos hoje produzem o dobro de substâncias por patente do que em 1980 (CAS, 1998). Assim, a aplicação tecnológica desempenha um papel menor e que vem até mesmo diminuindo nos últimos anos comparativamente à produção de novas substâncias sem fins tecnológicos – ainda que muitos químicos pensem que a primeira seja o principal objetivo (vide Pimentel et al., 1985).

Enfatizo novamente, *a produção de novas substâncias é, de longe, o maior esforço científico da Química, superando em número a produção de todas as ciências hoje*. Uma vez que o objetivo

⁶ Nota do tradutor: O *Angewandte Chemie* é um dos periódicos químicos mais importantes no mundo atualmente. Este periódico, de origem alemã, publica trabalhos de todas as subáreas da química, de modo a ser considerado um periódico de química geral.

norteador não é nem compreender o mundo como ele é nem a aplicação tecnológica, todo o conhecimento recebido da filosofia da ciência não ajuda muito a compreender o maior esforço científico da Química.

Além disso, a filosofia da ciência neopositivista⁷ não nos fornece uma ideia muito melhor da atividade química. Sem dúvida, produzir novas substâncias é essencialmente um tipo de atividade experimental. Mas, somente em casos excepcionais (por volta de 8%) essa serve para testar ou modificar alguma teoria ou lei. Ou seja, quaisquer filósofos da ciência que tenham dito a respeito de falsificação, verificação, e exaustão de teorias científicas neste século, quando direcionados para a Química não são muito significativos em descrever essa atividade.

Quando químicos são solicitados a salientar a importância geral de seus resultados, eles tendem a enfatizar a *novidade* ou a *originalidade* de seus produtos. Em muitos casos, o uso de termos como “novo” ou “inédito” conduz os químicos a uma situação delicada que seria falar sobre os valores de sua pesquisa em termos gerais. Ainda que químicos evitem responder a essa questão, o uso retórico de “novo” ou “inédito” atribui valor aos resultados divulgados por eles. Além desses, é possível reconhecer, ainda que implicitamente, outros valores científicos compartilhados pelos químicos.

Visto que a originalidade de novas substâncias é auto-evidente, químicos insistem no fato de que a nova substância é um exemplar de uma nova classe de substâncias, ou, no mínimo, um ‘considerável enriquecimento’ de uma ainda desconhecida classe de substâncias. Assim, a *extensão e enriquecimento de uma classificação de substâncias químicas* parece ser um objetivo científico aceito na Química. Todavia, apenas 13% dos artigos da química preparativa⁸ indicam isso, e na química inorgânica isso sobe para 25%.

O uso de termos ‘inédito’ ou ‘novo’ pelos químicos é mais difícil de compreender porque esses pressupõem os conceitos de ‘comum’ ou ‘antigo’, que permanecem em sua maior parte implícitos na compreensão dos químicos, às vezes até mesmo ocultos em totalidade. Em muitos casos, o ‘inédito’ está relacionado às propriedades estruturais oriundas do arranjo nuclear (como, por exemplo, comprimento da ligação e ângulo, número de coordenação, simetria), ou à estrutura eletrônica (natureza da ligação, distribuição de carga, conjugação, mobilidade, etc.). Em nenhum dos artigos analisados ‘inédito’ significa ‘inconsistente com nossas teorias’. Em vez disso, os conceitos subjacentes de ‘comum’, mais do que isso, referem-se a algum tipo de estrutura conhecida, uma abordagem simplista, uma regra prática, ou familiar, que químicos usam para abordar a diversidade de fenômenos. Qualquer que seja o entendimento de comum, químicos indiscutivelmente tem um considerável interesse pelas características estruturais. Por volta de 11% dos artigos da química preparativa (18% da química inorgânica) justificam a produção de novas

⁷ Nota do tradutor: Popper se aproxima dessa corrente filosófica.

⁸ Nota do tradutor: A *química preparativa* diz respeito a todos os campos da química envolvidos na preparação de novas substâncias químicas. Este é um termo pouco usado no contexto brasileiro, de maneira que seu emprego restringe-se a algumas poucas subáreas da química (como, por exemplo, na cromatografia e química analítica). Assim, o termo *química preparativa* utilizado pelo autor é sinônimo, para os químicos brasileiros, de *química sintética*.

substâncias pela referência às características estruturais de seus produtos. Portanto, podemos considerar a *busca por características estruturais como um objetivo científico aceito na Química*.

Os leitores que somarem as porcentagens mencionadas anteriormente constatarão que ainda estão faltando 45% dos artigos para contabilizar 100%. Assim, qual seria outra razão para produzir novas substâncias? O resultado mais surpreendente na análise é que boa parte dos químicos preparativos (45%) e maioria dos químicos orgânicos (53%) produzem novas substâncias para melhorar as capacidades sintéticas da Química: espera-se que a nova substância sirva como um reagente ou catalisador útil. O roteiro específico de produção de uma nova substância é apresentando como um método geral para produzir uma abundância de outras novas substâncias. Assim, novas substâncias são propagadores de estudos de reações químicas objetivando orientações teóricas para a síntese química, dentre outros âmbitos. Em suma, a principal razão para preparar novas substâncias é o melhoramento de capacidades sintéticas. Isso quer dizer que *a produção de novas substâncias é atualmente um fim em si mesmo na Química*.

Há muitas evidências que a produção de novas substâncias é um fim em si mesmo e que isso tem sido mantido como objetivo científico central da química preparativa durante os últimos 150 anos. De fato, essa é a única explicação razoável para o crescimento exponencial estável das substâncias durante todo o período citado (Schummer, 1997 b/c). Somente se a capacidade sintética cresce constantemente, juntamente com o número de substâncias, é que o crescimento exponencial das substâncias é possível.

4.2. A necessidade de um discurso racional em relação aos objetivos da Química

Embora não exista um discurso explícito a respeito dos objetivos na Química, esses estão, entretanto, presentes implicitamente no trabalho dos químicos, como salientamos na seção anterior. Uma diferença geral entre objetivos explícitos e implícitos é que somente os primeiros são submetidos a uma argumentação, justificação, bem como uma crítica racional. Por outro lado, objetivos implícitos de uma comunidade são em sua maior parte objetivos inconscientes, historicamente enraizados na estrutura organizacional da comunidade. Além disso, objetivos implícitos e seus valores correspondentes podem ser mais eficazes em orientar a comunidade, uma vez que não existe discurso crítico a respeito de diretrizes. Entretanto, esses podem nos levar em direção a situações indesejadas. A indicação de objetivos e valores explícitos e, portanto, passíveis de serem submetidos ao discurso racional, foi uma ideia central no iluminismo e na modernidade. Até onde se sabe, este ainda é o melhor modo de ajustar os objetivos de uma comunidade às preferências dos seus membros. E ao mesmo tempo, esta prática atribui aos membros da comunidade a responsabilidade por qualquer desenvolvimento. Por fim, listarei a seguir algumas razões pelas quais um discurso explícito a respeito dos objetivos da Química se mostra necessário.

Autonomia: objetivos implícitos podem sofrer mudanças implícitas por influências externas. Dado que eles estão enraizados na estrutura organizacional da comunidade, uma mudança da

estrutura organizacional pode causar uma mudança direta dos objetivos. Assim, uma ciência sem um discurso explícito sobre seus objetivos está à mercê de influências externas; isto é, não tem autonomia.

Entre as influências externas, a distribuição dos fundos de pesquisa é, certamente, uma das mais poderosas, ainda mais com o aumento ano a ano dos custos da pesquisa. A distribuição dos fundos é regida, na melhor das hipóteses, pelas necessidades futuras da sociedade. Ainda que as necessidades atuais da sociedade sejam passíveis de mudança, nossas opiniões a respeito das necessidades futuras são ainda mais suscetíveis de mudanças e, também, controvérsias. Não desejo argumentar que a ciência não deve considerar as necessidades da sociedade. Ao contrário, considero de extrema importância a ciência levar em conta as demandas da sociedade. No entanto, uma ciência que não define seus próprios objetivos e métodos, isto é, sua própria identidade, é suscetível de modificar-se por conta de opiniões externas, o que, eventualmente, não seria muito útil a ela.

Compreensibilidade: um discurso explícito sobre os objetivos da Química ajudaria a compreender esta ciência melhor. Como já mencionado, a falta de ideias claras a respeito dos objetivos da Química é o principal obstáculo para não-químicos, futuros químicos e químicos. Começando pelos não-químicos: não somente filósofos da ciência tornariam-se aptos a corrigir seu conceito unidirecional de ciência, mas, também, a imagem pública da Química poderia perder um pouco da sua fantasia. Isto é desejável, uma vez que associações com poderes sobrenaturais – até demoníacos – têm compensado a falta de entendimento das pessoas sobre a Química há muitos séculos. .

A compreensão da Química em termos de seus objetivos e seus valores correspondentes é central para a educação em Química. Somente estamos aptos a falar aos nossos estudantes o que é a Química em totalidade, quando eles estão qualificados a decidir se eles estão interessados ou não na Química. Para interessar-se em uma ciência os estudantes devem estar aptos a relacionar os objetivos e valores desta ciência aos seus próprios valores pessoais. Além disso, compreender a Química em termos de seus objetivos e valores permite-nos desenvolver princípios razoáveis de seletividade. Apesar da mudança sugerida na seção 2.2., princípios de seletividade ainda são necessários para organizar cursos de Química, para escrever livros-texto introdutórios e avançados de Química, etc. Para isso, toda a seleção razoável pressupõe valores para decidir o que é mais importante e o que é menos importante.

Finalmente, o trabalho dos químicos também pode se beneficiar muito a partir de um discurso explícito sobre os objetivos da Química. Esse não somente produz padrões de avaliação de pesquisa mais transparentes; a pesquisa também é mais eficiente diante de uma ideia mais clara acerca de seus objetivos. Além disso, participar de um discurso racional sobre os objetivos é parte de uma tradição acadêmica ideal. Isso solicita qualificações intelectuais bastante diferentes em relação às necessárias da pesquisa propriamente dita e, como tal, é central no enriquecimento da vida intelectual do químico. Assim, especialistas precisam se engajar tanto na pesquisa quanto na

reflexão pública sobre a pesquisa a fim de evitar alienação e heteronomia (isto é, sujeitar-se à vontade de outros) – dois arqui-inimigos da criatividade científica.

Considerações finais

Concluo este artigo com algumas considerações finais, enfatizando como um discurso racional sobre os objetivos da química pode abordar criticamente o mais importante objetivo da Química, que é implícito para a maioria dos químicos, a saber, a proliferação de substâncias químicas. Em geral, atividades que têm um fim em si mesma são indispensáveis, uma vez que elas definem a todas as outras atividades os valores de acordo com os quais essas últimas serão avaliadas. Apesar disso, existe alguma dúvida se a proliferação de substâncias é uma escolha razoável para aqueles que fazem pesquisa em Química.

Primeiro, devemos analisar em mais detalhes que a extensão da proliferação de substâncias é indiretamente regida por um tipo específico de documentação química. Como salientado na seção 2.1., substâncias químicas formam a principal categoria para sistematizar o conhecimento químico. Com o intuito de produzir conhecimento obviamente novo para os propósitos do conhecimento químico, químicos podem se sentir obrigados a vincular seus resultados a uma nova substância. Se esse for realmente o caso, isso seria uma estranha inversão de prioridades. Assim, em vez de um sistema de documentação ser regido pelos objetivos da ciência, a pesquisa seria regida pelas exigências oriundas de um sistema de documentação.

Segundo, como a Química não é somente um empreendimento prático, mas, também um empreendimento cognitivo, podemos indagar como a proliferação de substâncias contribui para o alcance do conhecimento comparado com o alcance do 'não-conhecimento'. Um discurso sobre os objetivos da Química é, em particular, desafiado pelos problemas mencionados na seção 3., a saber, que a proliferação de substâncias não diminui, mas, ao contrário, aumenta infinitamente o alcance do 'não-conhecimento'.

Não é tarefa do filósofo prescrever objetivos e valores para a comunidade química. Podemos somente analisar qual a natureza dos objetivos implícitos presentes no trabalho dos químicos, salientar razões gerais para os químicos terem objetivos explícitos, e fornecer auxílio para um discurso racional. Diante disso, caberá aos membros da comunidade química iniciar um discurso racional sobre seus objetivos.

Referências

Chemical Abstract Service, *Statistical Summary 1907-1997*, Columbus, 1998.

Lakatos, I.; Musgrave, A. (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge Univ. Press, London 1970.

Pimentel, G.C. *et al.* (eds.), *Opportunities in Chemistry*, National Academy Press, Washington 1985.

Price, D.J. de Solla, *Science Since Babylon*, Yale Univ. Press, New Haven and London, 1961.

Schummer, J., Towards a Philosophy of Chemistry, *Journal for General Philosophy of Science*, **28**, 307-336, 1997a.

Schummer, J., Scientometric Studies on Chemistry I: The Exponential Growth of Chemical Substances, 1800-1995, *Scientometrics*, **39**, 107-123, 1997b.

Schummer, J., Scientometric Studies on Chemistry II: Aims and Methods of Producing New Chemical Substances, *Scientometrics*, **39**, 125-140, 1997c.

Schummer, J., Challenging Standard Distinction between Science and Technology: The Case of Preparative Chemistry, *HYLE—An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, **3**, 81-94, 1997d.

Tague, J; Beheshti, J.; Rees-Potter, L., The law of exponential growth: Evidence, implications, and forecasts, *Library Trends*, **30**, 125-150, 1981.