

## QUÍMICA SEM FRONTEIRAS

**Angelo C. Pinto**

Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CT, Bl. A, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21949-900 Rio de Janeiro – RJ, Brasil

**César Zucco**

Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, CP 476, 88040-900 Florianópolis – SC, Brasil

**Fernando Galembeck**

Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, CP 6154, CEP 13084-971 / Laboratório Nacional de Nanotecnologia, Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais 13083-970 Campinas – SP, Brasil

**Jailson B. de Andrade\***

Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 40170-290 Salvador – BA, Brasil

**Paulo C. Vieira**

Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, CP 676, 13565-905 São Carlos – SP, Brasil

Recebido em 16/12/12

CHEMISTRY WITHOUT BORDERS. The main objective of this paper is to start and stimulate reflection, discussion and proposing actions that allow Chemistry in Brazil contribute to a prosperous, safer and better future for the nation.

Keywords: Chemistry in Brazil; Chemistry and future; frontiers in Chemistry.

## INTRODUÇÃO

Com o objetivo de contribuir para a formulação de políticas de C&T de interesse geral, mas especialmente para a área de Química, a Diretoria e o Conselho Consultivo da Sociedade Brasileira de Química, SBQ, decidiram promover, em 2002, uma série de atividades para a elaboração do documento “Eixos Mobilizadores em Química”. Além desse documento, foram realizadas amplas discussões envolvendo os seguintes temas: o ensino de graduação e pós-graduação em Química, o novo modelo de financiamento à pesquisa, a situação da área e suas perspectivas.

Das atividades desenvolvidas em 2002, resultou a publicação, em 2003, de um documento em *Química Nova*,<sup>1</sup> no qual foram identificados e discutidos seis eixos mobilizadores: i) **formação de recursos humanos qualificados**; ii) **desconcentração regional e combate à endogenia**; iii) **estímulo ao empreendedorismo e à interdisciplinaridade**; iv) **aproximação pró-ativa da academia com a atividade econômica**; v) **vinculação orçamentária de recursos para C&T** e, vi) **combate aos gargalos institucionais**.

O documento original resultou em várias ações e em novos documentos que balizaram a atuação da SBQ nesses 10 anos, dentre as quais se destacam os números especiais de *Química Nova* dedicados à terceira e à quarta Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia, em 2005 (*Quim. Nova* **2005**, *28* Suplemento, “Necessidades e Perspectivas da Química no Brasil: O Profissional do Futuro”) e em 2009 (*Quim. Nova* **2009**, *32*, “Recursos Naturais: Oportunidades na Academia e na Indústria”).

## ATUALIDADE E DESAFIOS

Os desafios da atual realidade socioeconômica brasileira e os indicadores populacionais e educacionais do País estão a exigir novas reflexões e um balanço da situação da área de Química, no Brasil, em todos os níveis, da educação ao setor industrial e ao entendimento

da Química por parte do público. Nesse sentido, a Diretoria e o Conselho Consultivo da SBQ criaram a comissão integrada pelos ex-Presidentes: Angelo C. Pinto, César Zucco, Fernando Galembeck, Paulo C. Vieira e Jailson B. de Andrade, para a realização do “*Censo da Química no País*”.

A primeira ação a ser desenvolvida pela comissão é deflagrar, ainda em 2012, a discussão, convidando a comunidade de Química a debater a questão e a contribuir com *position papers* temáticos e em áreas estratégicas, que serão consolidados em outubro de 2013 e farão parte da contribuição da SBQ ao Fórum Mundial de Ciências, que ocorrerá no Rio de Janeiro em novembro de 2013.

Novas reflexões sobre a situação da Química no Brasil devem considerar os desafios como globais. Mas a solução desses desafios ocorrerá em escala nacional, regional, estadual e/ou municipal.

Na primeira década do século XXI, a população do planeta aumentou aproximadamente 15%, em cerca de 1 bilhão de habitantes. Este número é emblemático, porque cerca de 0,9 bilhão de pessoas não se alimentam adequadamente e 1,2-1,3 bilhão de habitantes não têm acesso à água e ao ar com qualidade desejável, nem à eletricidade.

Os grandes desafios atuais e futuros do planeta e da humanidade são: **educação**; **cidadania plena**; **mudança climática**; **produção e qualidade dos alimentos**; **acesso e qualidade da água**; **segurança energética**; **preservação de ecossistemas e das espécies**; **doenças emergentes e qualidade de vida**.

Já há um indicativo de consenso que o Holoceno está sendo substituído por uma nova era denominada Antropoceno, na qual a atividade humana é o grande vetor das mudanças ambientais globais, que resultaram na ultrapassagem de alguns limites críticos, a exemplo do ciclo do nitrogênio e da perda de biodiversidade.<sup>2</sup>

Neste novo cenário é que a SBQ pretende refletir, discutir e propor ações que permitam à Química no Brasil contribuir para um futuro próspero, seguro e melhor.

Como ponto de partida serão considerados, dentre outros, os seguintes temas centrais e transversais:

**Temas centrais:** educação (todos os níveis); vida (incluindo fármacos e medicamentos); matérias-primas e materiais, “novos e

\*e-mail: jailsondeandrade@gmail.com

velhos” (incluindo nanociência e nanomateriais); biodiversidade, (incluindo recursos naturais não minerais); energia, água, alimentos e ambiente, inovação e a indústria química.

**Temas transversais:** ética e integridade científica; avaliação; inovação; agregação de valor; marcos legais e emergências.

Com o objetivo de ilustrar como deverá ser a condução dos trabalhos, alguns dos temas começam a ser destacados a seguir:

### Educação em Química: da educação básica à pós-graduação

A divulgação do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), feita pelo Ministério da Educação (MEC), em agosto de 2012, mostrou que o País está longe de atingir as metas previstas para 2022, quando será comemorado o bicentenário da Independência. Apesar de alguns avanços nos anos iniciais do ensino fundamental, o ensino médio continua com índices muito ruins.

Tais indicadores, que medem a qualidade do ensino no Brasil, nos níveis fundamental e médio, mostram resultados ainda muito aquém dos necessários para garantir desenvolvimento pleno de crianças e jovens. Em especial, o ensino médio clama por transformações que venham resolver a “crise de identidade”<sup>3</sup> desse nível de ensino, cujos resultados são o desestímulo dos estudantes, as altas taxas de evasão e o despreparo de jovens tanto para o mercado de trabalho como para a universidade. Nesse sentido, o MEC criou um grupo de trabalho para propor um redesenho do currículo do ensino médio baseado em quatro áreas, estando a Química inserida na área de Ciências da Natureza.

Ainda que o IDEB trabalhe apenas com testes de conhecimento de Português e Matemática, é sabido, pelos resultados de outros exames como o ENEM e os Vestibulares, que a aprendizagem de Química no ensino médio é igualmente crítica.

No caso do ensino de Química, o grande desafio é o que deve ser feito para que esta disciplina atraia os estudantes e que a profissão seja uma vocação de muitos jovens. Do mesmo modo que é impossível aprender a nadar longe da água, é muito difícil estimular os jovens para o aprendizado de equações químicas sem dar a eles a oportunidade de praticarem experimentos simples no laboratório. Iniciativas de sucesso como o experimento global “O pH do Planeta”, realizado como parte das celebrações do Ano Internacional da Química,<sup>4</sup> e que para muitas crianças e adolescentes brasileiros foi a primeira oportunidade de realizarem um experimento de laboratório, devem ser repetidas em escala maior.

A confecção de novos kits acompanhados de cartilhas com a descrição de experimentos simples, gincanas de Química nas escolas, concursos para escolha dos melhores livros de Química para o ensino médio, entre muitas outras atividades, são formas mobilizadoras que podem causar grandes transformações no ensino de Química.

Não é possível continuar convivendo com escolas sem laboratórios e nas quais o processo de ensino aprendizagem de Química se resume a umas poucas fórmulas e equações químicas, sem a devida ligação com a Química do cotidiano.<sup>5</sup> A Tabela Periódica não pode ser mais um quadro na parede; tem que ser entendida pelos estudantes como o alfabeto da Química, esteja ela nas paredes de uma escola chinesa ou brasileira. Não obstante as tecnologias digitais serem uma realidade no cotidiano de crianças, jovens e adultos, parece que elas ainda não produziram o desejado efeito no ensino de graduação e no ensino médio. “Os licenciados em Química, mesmo nas universidades mais equipadas do País, ainda não estão suficientemente treinados para o uso das tecnologias digitais em sala de aula no ensino médio.”<sup>6</sup>

Há uma evidente resistência dos professores da graduação, na grande maioria dos cursos de Química do País, em reconhecendo este novo mundo, adotar novos paradigmas metodológicos na formação dos futuros profissionais. Esse novo olhar é indispensável nos cursos

de Licenciatura em Química, onde os professores do ensino médio são formados.

Há, hoje, abundantes e excelentes materiais didáticos para o ensino de Química. Eles estão disponíveis, muitas vezes sem custo algum, para os professores do ensino médio. A SBQ, com suas revistas (em especial *Química Nova* e *Química Nova na Escola*), com o portal da Química Nova Interativa e por outros meios, tem colaborado muito para esse avanço. Há grupos de pesquisa sobre o ensino da Química, em diversas universidades do País, que vêm publicando os resultados de suas pesquisas. Da mesma forma, o acesso ao conhecimento atualizado dos conteúdos de Química bem como de novos produtos e processos ficou extremamente facilitado, graças às tecnologias digitais. Contudo, nas salas de aula de graduação e de ensino médio, com grande frequência vive-se, ainda, no passado.

Ao se aceitar esse entendimento, percebe-se que o desafio da mudança reside em um comprometimento diferenciado do **docente dos cursos de graduação** – em especial nos cursos de licenciatura – com:

- inserção dos professores e alunos nas questões globais, tecnológicas e midiáticas, evitando posturas dogmáticas ou apenas ideológicas;
- atualização constante de conteúdos e metodologias de ensino/aprendizagem, lembrando que o aluno tem de aprender a aprender, antes de mais nada;
- focalizar e direcionar o ensino para a profissionalização de seus alunos.

O ensino de Química na graduação, sobretudo nas licenciaturas, precisa estar articulado com as necessidades de um futuro profissional: seja um químico, em uma atividade tecnológica, seja um professor do ensino médio.

O Brasil conta, hoje, com um número razoavelmente expressivo de bons químicos – embora ainda muito aquém do necessário –, cuja atuação responde pelo sucesso e importância da indústria química no País. Ressalte-se, contudo, que para atingir esse status, tais profissionais, quase sempre, dispõem de longos anos em cursos de pós-graduação (Mestrado e Doutorado). Por outro lado, **aproximadamente 75% dos licenciados em Química não atuam no magistério** e, dessa forma, a disciplina, nas escolas, acaba sendo ministrada por professores sem a devida formação, tornando o estudo da Química difícil e pouco atrativo.<sup>7</sup> Então, a formação deficitária do ensino médio acaba produzindo estudantes de graduação mal preparados e, na sequência, aqueles que conseguem superar tais deficiências, dirigem-se para profissões com status e remuneração mais atrativos que a docência, instaurando-se, assim, um círculo vicioso perigoso e perpetuador dessa realidade.

O panorama da Química retrata, hoje, um grave descompasso entre a importância dada à educação em Química – em especial nos cursos de graduação e licenciatura – e a importância da Química nos demais setores da vida nacional. “Aproximar a produção química (que sustenta a indústria em geral, pela sua contribuição em energia e materiais) da educação química (que forma os profissionais da área) parece ser um desafio crucial deste momento histórico: garantir o desenvolvimento economicamente viável, com métodos e tecnologias inovativas e ambientalmente sustentáveis.”<sup>7</sup>

Governo e autoridades educacionais falam em resgatar a identidade/finalidade do ensino médio, reformular seus currículos, aumentar o tempo dos alunos na escola e investir mais recursos financeiros para a melhoria da estrutura física e instrumental das escolas... Tudo isso será muito bem-vindo e certamente benéfico! Contudo, só isso não resolverá a questão.

O desafio a enfrentar e discutir, nesse momento, passa, inicialmente, por uma proposta de mudança radical (obrigatória) do professor de Química em sua prática cotidiana efetiva nas salas de aula de cursos de graduação e ensino médio. E, para possibilitar e

incentivar tal mudança, propomos a discussão sobre a criação de um novo modelo de licenciatura (**químicos para um novo cenário**) e de um Mestrado Pedagógico destinado a formar novos professores para as licenciaturas e para o ensino médio. Por fim, tudo isso somente produzirá efeitos se e quando o professor de ensino médio merecer maior respeito, remuneração e condições de trabalho dignas.

#### A Pós-Graduação

No que concerne à pós-graduação, é consenso que a área de Química foi, entre todas as outras de Ciências Exatas, a que mais cresceu. Entretanto, o modelo de pós-graduação atual se esgotou e, a permanecer a situação vigente, a tendência é de declínio. Por isso, mudanças no sistema de avaliação e a atração de pesquisadores seniores do exterior para os programas de pós-graduação são necessárias. Há aí uma boa oportunidade para a Química, com a crise europeia, com o Programa Ciência sem Fronteiras. Pode-se, também, já pensar em um sistema de ingresso unificado para a pós-graduação, nos moldes do que vem sendo adotado, com sucesso, pela Economia e pela Informática. O ingresso unificado tem a vantagem de impedir que estudantes intelectualmente despreparados sejam alçados à condição de pós-graduandos e onerem as agências de fomento, engrossando o pelotão de mestres e doutores desqualificados profissionalmente. Outro aspecto a ser discutido é atração de estudantes do exterior, principalmente, dos países da América Latina para os programas de pós-graduação. Na geopolítica mundial, o Brasil precisa avançar como nação com capacidade para atrair estudantes e pesquisadores estrangeiros e firmar-se como liderança no Cone Sul.

Sugere-se, ainda, discutir a inclusão de formação optativa efetiva, nos programas de pós-graduação, com vistas à preparação didática e metodológica dos pós-graduandos que queiram ser professores universitários, fazendo valer tais cursos como títulos adicionais nos concursos de ingresso.

### INOVAÇÃO E A INDÚSTRIA QUÍMICA

A indústria química brasileira<sup>8</sup> é a 7ª do mundo, contribuindo para que o PIB brasileiro ocupe a 6ª posição. As vendas de produtos químicos no Brasil ocupam o 6º lugar,<sup>9</sup> superando Coréia, Índia, Itália, Reino Unido e Taiwan. As exportações de produtos químicos superaram os 10 bilhões de dólares em 2010, mas nos últimos 12 meses o déficit de comércio exterior chegou a quase 27 bilhões, o que é em grande parte devido às importações de fertilizantes e agroquímicos demandados pelo pujante agronegócio brasileiro. As previsões de investimento até 2015 somam 26 bilhões, demonstrando que é preciso realizar um grande esforço para atender às necessidades do País. Por outro lado, a grande disponibilidade de matérias-primas fósseis, como o petróleo e o gás do pré-sal e o bilhão de toneladas anual de resíduos da produção agropecuária colocam o Brasil em posição privilegiada, como produtor químico.<sup>10</sup> A ABIQUIM divulgou recentemente o documento de Pacto Nacional da Indústria Química,<sup>11</sup> que “apresenta uma proposta de superação dos entraves que impedem a consecução do potencial de investimentos e de desenvolvimento relacionados ao crescimento da indústria química no Brasil. Tal proposta se apoia na identificação dos obstáculos existentes e na quantificação dos investimentos requeridos, consubstanciando o Pacto Nacional da Indústria Química.”

O objetivo é colocar a indústria química brasileira entre as cinco maiores do mundo, tornando o País superavitário em produtos químicos e líder em Química Verde.<sup>12</sup>

A indústria química compromete-se a desenvolver padrões de conduta elevados e promover a sustentabilidade, impulsionar o crescimento econômico brasileiro, desenvolver tecnologias, inovar com produtos e soluções avançadas, elevar os padrões de gestão, de

responsabilidade fiscal e de produtividade, promover continuamente a qualificação dos trabalhadores da indústria química e contribuir para a formação de pessoas nos setores relacionados.

Esses compromissos são alinhados às diretrizes do *International Council of Chemical Associations*, que representa a indústria química no mundo.

O Pacto também destaca as condições que devem ser criadas para que a indústria possa se desenvolver, quanto às matérias-primas, tributação, infraestrutura, apoio do Estado ao desenvolvimento tecnológico, inovação e crédito.

Entre as perspectivas estão a criação de mais de 2 milhões de empregos, incluindo os diretos e indiretos, o aumento da atratividade do País para investimentos externos diretos, a redução da vulnerabilidade externa e a agregação de valor aos insumos oriundos da biomassa<sup>12</sup> e do pré-sal, culminando na conquista de uma posição de liderança mundial em sustentabilidade.

Em 1983, no início do PADCT, a indústria brasileira era expressiva, mas tecnologicamente dependente. Hoje, ela é uma das maiores do mundo e algumas empresas brasileiras tornaram-se importantes no cenário nacional. A dependência tecnológica é cada vez menos viável e cada vez mais empresas encaram a necessidade de se qualificarem, montando seus centros de P&D para poderem passar de simples recipientes de tecnologia a empresas tecnologicamente inovadoras. Diante de todo esse panorama da indústria, é preciso refletir sobre dois pontos: a formação profissional, que já foi tratada em outro item, e a atitude dos cientistas brasileiros. Não é raro que pesquisadores e professores de ensino superior de todas as áreas mostrem pouca familiaridade com o seu entorno humano, social e econômico, embora conheçam muito bem o seu entorno científico, incluindo tendências e pessoas destacadas no mundo todo. Essa situação é obviamente indesejável, mas é impulsionada por agências de fomento e por autoridades universitárias, de muitas formas.

A Química brasileira é, em certa medida, uma exceção a este quadro e tem desempenhado um papel de vanguarda na transformação do sistema brasileiro de C&T em um sistema realmente sustentável relevante para o País, reduzindo a frequência e a intensidade das crises crônicas que nos afetam, como no momento atual. Entretanto, o fato de a Química ser, nesse aspecto, melhor que outras áreas, não significa que tenhamos atingido uma posição satisfatória.

### Materiais

A indústria química era, no início do século XX, produtora de soda, corantes e fertilizantes, mas um século depois ela passou a ser também grande produtora de fármacos e de muitos produtos de uso industrial, especialmente de materiais como os plásticos e borrachas usados em equipamentos de transporte, na construção civil, na indústria têxtil, em embalagens, na agricultura e pecuária e em equipamentos hospitalares e dispositivos para os cuidados com a saúde. A importância dos materiais produzidos pela indústria química é frequentemente subestimada, mas os fatos são impressionantes: por exemplo, cerca de metade do custo de um *chip* de microeletrônica é gasto no seu encapsulamento, frequentemente feito com um epóxi.

Além dos plásticos e borrachas, as cerâmicas, os metais, os semicondutores, papel, celulose, madeiras tratadas e quaisquer outros materiais são produzidos através de processos químicos ou com grandes aportes de produtos químicos essenciais à sua existência, transformação ou uso.

A grande importância dos materiais derivados da indústria química em manufatura pode ser observada de várias formas. Uma estimativa feita nos Estados Unidos, em meados da década passada, mostrou que cada dólar a menos na produção petroquímica causa uma redução de 6 dólares em manufatura. Isto está sendo confirmado nos

dias atuais, quando se observa um renascimento na manufatura nos Estados Unidos,<sup>13</sup> devido ao aumento da produção petroquímica que, por sua vez, decorre da recente abundância e baixo preço do *shale gas*, o gás de xisto. Segundo Klaber,<sup>13</sup> “*Philadelphia’s refinery sites are experiencing new life that few could have predicted just a few years ago - buoyed by abundant supplies of natural gas, a fundamental building block for a strong manufacturing sector.*”

As possibilidades brasileiras de produção química de materiais são muitas e excelentes, uma vez que o País está caminhando para se tornar um dos maiores produtores mundiais de petróleo, tem uma grande capacidade de produção de biomassa e tem também, provavelmente, reservas importantes de gás de xisto. A utilização de biomassa, especialmente dos resíduos lignocelulósicos, é uma oportunidade especialmente atraente,<sup>14</sup> porque o conhecimento estrutural dos materiais lignocelulósicos de diferentes origens ainda é muito pequeno e tem sido uma grande barreira ao seu aproveitamento com significativa agregação de valor. Hoje, o destino mais frequente dos resíduos lignocelulósicos ainda é a queima sem aproveitamento nenhum, seguido da queima em caldeiras e fornalhas. Seu aproveitamento na produção de materiais duráveis, recicláveis ou compostáveis é muito desejável, pois poderá reduzir demandas de hidrocarbonetos fósseis, gerar riquezas de forma descentralizada e contribuir para mitigar as consequências de emissões de CO<sub>2</sub>.

A produção de materiais tem sido enormemente intensificada e diversificada pelas nanotecnologias hoje utilizadas em diferentes setores industriais. Estas contribuíram para a compreensão das impressionantes características de muitos materiais naturais, como a borracha natural que até hoje não teve suas propriedades realmente reproduzidas por borrachas sintéticas.<sup>15</sup> Além dos muitos resultados já obtidos e dos produtos que estão no mercado, é possível que as novas e poderosas ferramentas nanotecnológicas<sup>16</sup> contribuam para resolver problemas bem conhecidos como, por exemplo, a produção de termoplásticos a partir de lignoceluloses, usando processos economicamente viáveis e ambientalmente aceitáveis.

## O setor farmacêutico

A pesquisa e o desenvolvimento de novo fármaco, além de exigir alto investimento, são de grande risco. Chegar a um princípio ativo de modo a introduzi-lo na fase clínica para que este, depois de muita pesquisa, chegue às prateleiras das farmácias é uma atividade limitada às grandes companhias farmacêuticas transnacionais. Mas, mesmo estas grandes companhias farmacêuticas vêm encontrando dificuldades para lançar novos fármacos no mercado. Levantamento da *Thomson Reuters* mostra que o número de fármacos inovadores nos últimos 10 anos vem caindo progressivamente. Em 2010 foram 21, 5 a menos do que em 2009.<sup>17</sup>

Hoje o Brasil possui um bom número de empresas farmacêuticas, mas muitas são de capital fechado. Essa é uma das razões porque os investimentos em P&D, no setor farmacêutico, para a descoberta de novos fármacos são escassos.

A farmacologia brasileira fez a opção pelos genéricos que importa quase que integralmente da China e da Índia. Depois de um crescimento significativo que levou o setor de genéricos a faturar R\$ 6,2 bilhões em 2010, as companhias farmacêuticas brasileiras começam a ser adquiridas por *big-farmas* que cobiçam o mercado de medicamentos genéricos brasileiros, chegando a deter 40% desse mercado. A tendência, na medida em que as farmacêuticas multinacionais inventam menos fármacos e veem expirarem as patentes de seus medicamentos *blockbusters* (campeões de venda), é que a pressão pela aquisição de farmacologia brasileira aumente, levando à desnacionalização do setor, por ser este muito frágil. Esse risco é mostrado pelo presidente da Associação da Indústria Farmacêutica de Pesquisa

(Interfarma) quando afirma que “*Ninguém é melhor para copiar que o próprio autor. Se você juntar a dificuldade de descoberta de novos medicamentos e o fato de que o mundo inteiro vai ter genéricos, nada mais óbvio que investir em genéricos*”. Além do interesse na aquisição de farmacologia brasileira, as *big-farmas* estão propondo acordos de transferência de tecnologia e de outras parcerias.

Os medicamentos genéricos são de origem sintética e hoje há no País competência acadêmica estabelecida em síntese orgânica. A melhor prova dessa afirmação são as sínteses recentes da atorvastatina (Lipitor<sup>®</sup>), por pesquisadores do Instituto de Química da UNICAMP, integrantes do INCT de Fármacos e Medicamentos, e do sunitinibe (Sutent<sup>®</sup>) por pesquisadores da UFRJ da equipe do mesmo INCT. O Lipitor<sup>®</sup> é o medicamento mais vendido no mundo, sua patente expirou em 2011 e ele é usado para diminuir os níveis de colesterol. O Sutent<sup>®</sup>, ainda protegido por patente, é usado para combater certos tipos de câncer de rim, estômago e intestino. Seu preço é muito elevado e o fármaco não faz parte do protocolo do Sistema Único de Saúde (SUS). Em 2010 o Brasil gastou aproximadamente 8 milhões de dólares com a importação do Sutent<sup>®</sup>.<sup>18</sup>

Apesar da qualidade dos químicos orgânicos de síntese brasileiros, não há no País laboratórios de escalonamento primário, certificados e capacitados para adaptarem as rotas sintéticas desenvolvidas nas bancadas dos laboratórios acadêmicos. Outro aspecto que merece atenção das autoridades é que a simples cópia, por mais complexa que seja a estrutura química de um fármaco, ou só a inovação incremental são os primeiros passos para a consolidação de uma indústria farmacêutica independente. Mas só isso não fará do Brasil um *player* na descoberta de fármacos. Para que isso aconteça, os bons grupos acadêmicos de Química medicinal devem receber recursos condizentes com a sua qualificação, além do estabelecimento de parcerias com o empresariado nacional em ambiente jurídico que atenda à academia e à empresa.<sup>19,20</sup>

As Parcerias Público-Privadas (PPP) para o setor farmacêutico podem ser uma alavanca para estimular as farmacologia brasileira a superarem a estagnação tecnológica e a concorrência entre os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul). Mas não basta só o poder de compra do governo; é necessário que as empresas farmacêuticas nacionais verticalizem a produção de fármacos e não se limitem à importação de intermediários avançados.

No momento em que as companhias farmacêuticas gigantes fazem de tudo para manter sua supremacia e conquistar os mercados dos países em desenvolvimento cujo crescimento supera o da Europa, as autoridades governamentais brasileiras não podem abdicar dos fármacos verde-amarelos. A verdade é que o Brasil não pode ficar fora de um mercado cujo movimento atingiu, em 2010, em todo o mundo, 850 bilhões de dólares, com previsão de crescimento de alcançar, em 2012, mas de 1 trilhão de dólares.<sup>20</sup>

## Biodiversidade

A relação do homem com a natureza remonta à sua existência na terra. O crescimento da população e o aumento da demanda por alimentos têm feito com que o desmatamento e a destruição da biodiversidade caracterizem a relação do homem com a natureza de forma bastante predatória. Nessa luta pela sobrevivência, o homem tem levado “vantagem” sobre outras espécies o que tem gerado um grande desequilíbrio, que certamente é nefasto para o sistema de vida na terra.

No seu relacionamento com a natureza, o homem sempre utilizou seus produtos como alimento. Contudo, é preciso lembrar que, além de ser fonte de alimentos, a biodiversidade – incluindo plantas, animais e outros organismos, dentre os quais os marinhos –, caracteriza-se também por se constituir em fontes de medicamentos, inseticidas, aromatizantes, vernizes, tintas e outros, inclusive de energia.

O Brasil, dada a sua dimensão continental, possui vários biomas, o que lhe confere grande biodiversidade – a Amazônia, a Caatinga, o Cerrado, a Mata Atlântica, o Pantanal e os Pampas, além dos ecossistemas marinhos. Com esta biodiversidade, o País está entre os maiores detentores de várias espécies vegetais, microbianas, animais e outras, gerando grandes discussões sobre seu valor econômico e forma de exploração de seus produtos.

Sabe-se, por exemplo, que desde a descoberta do Brasil a exploração do pau-brasil, madeira apreciada pela sua qualidade e também pelo fato de conter (brasilina/brasileína) um pigmento colorido muito apreciado pelos artesãos, foi realizada de forma descontrolada, quase que levando à sua total dizimação.

Produtos da biodiversidade têm seu valor reconhecido de forma clara e bem caracterizada em muitos exemplos, como é o caso da descoberta da quinina, no século XVII, que foi encontrada em uma planta conhecida como cinchona. Esta descoberta está associada à colonização da América do Sul pelos espanhóis, que encontraram indígenas utilizando a casca desta planta no tratamento de estados febris. Como consequência, após o entendimento da relação do estado febril com sintomas de malária, descobriu-se que a substância presente em cinchona era a quinina, que aliviava os sintomas de febre devido ao seu poder letal ao parasito causador da malária. Hoje quinina não é mais utilizada para o tratamento de malária, principalmente devido à resistência dos parasitos a essa substância, todavia ela ainda continua sendo utilizada, em pequenas quantidades, para dar o sabor amargo de um apreciado refrigerante, a água tônica.

A biodiversidade tem sido protegida nos diferentes países, inclusive o Brasil, em uma tentativa de coibir o comércio ilegal de espécies, bem como a coleta de recursos genéticos. Um exemplo tipicamente brasileiro de comércio ilegal nos remete ao final do século XIX, quando Henry Wickham levou a seringueira do Brasil para Inglaterra e depois para Singapura, Malásia e outros países, onde foi plantada em cultivo massivo para produção da borracha.

Embora o Brasil seja detentor de grande biodiversidade, o seu aproveitamento ainda é feito de forma pouco organizada e pouco produtiva. Ainda há muito de extrativismo e utilização não sustentável dos recursos naturais. Atualmente é consenso que, para utilização de qualquer setor da biodiversidade, o primeiro passo é estabelecer sua cadeia produtiva, que envolve várias etapas desde o plantio até o consumidor final.

Por outro lado, considerando-se os aspectos químicos, a biodiversidade é vista como grande potencial de micromoléculas capazes de gerar produtos com alto valor agregado. Para uma melhor utilização desse potencial, é necessário que haja pesquisas bem orientadas para que esses valores sejam descobertos. Algumas iniciativas para estimular e atender às demandas desta área já foram realizadas. Uma delas, no estado de São Paulo, pela FAPESP, em um programa muito bem conhecido, que foi o Programa Biota, um grande sucesso e que continua em andamento. Assim, esta iniciativa gerou um Programa de Pesquisas em Caracterização, Conservação, Recuperação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo (BIOTA-FAPESP)<sup>21</sup> com o objetivo de conhecer, mapear e analisar a biodiversidade deste estado, incluindo a fauna, a flora e os micro-organismos, mas, também, avaliar as possibilidades de exploração sustentável de plantas ou de animais com potencial econômico e subsidiar a formulação de políticas de conservação dos remanescentes florestais. No plano nacional, o CNPq lançou em 2010 o seu programa SISBIOTA BRASIL,<sup>22</sup> que deverá também ter impactos no conhecimento e aproveitamento da biodiversidade. Entre os eixos temáticos do programa estão: a) ampliação do conhecimento da biodiversidade; b) padrões e processos relacionados à biodiversidade; c) monitoramento da biodiversidade; d) desenvolvimento de bioprodutos e usos da biodiversidade.

Muito se especula sobre o valor econômico da biodiversidade brasileira e seguramente grande parcela deste valor está associada aos componentes químicos existentes e ao seu aproveitamento. Todavia, o estudo desta biodiversidade requer uma abordagem que extrapola a obtenção de produtos. Assim, alguns desafios se apresentam para a Química, como afirma o Prof. Schreiber, um renomado químico da Universidade de Harvard. Segundo ele, dentre tais desafios para quem trabalha com Química, e mais especificamente com Biologia Química, estão: o conhecimento de todas as micromoléculas existentes em seres vivos e o papel de moduladores que essas moléculas têm nos sistemas vivos.<sup>23</sup>

O estudo da biodiversidade para geração de produtos ou para um melhor conhecimento da vida deverá necessariamente envolver uma abordagem multidisciplinar. Só com a utilização de conhecimento em áreas como Biologia, Química, Ecologia, Farmacologia, Bioquímica, Biotecnologia, para citar apenas algumas, será possível desenvolver atividades que levem ao conhecimento e aproveitamento da biodiversidade, tendo como princípios os conceitos básicos da sustentabilidade. Não há dúvida da importância da Química nesta tarefa, principalmente levando-se em consideração o potencial químico e megadiverso que ainda está por ser descoberto na biodiversidade.

A biodiversidade é ainda vista no Brasil como uma das importantes fontes de enriquecimento nacional.<sup>24</sup> Transformá-la em produtos preservando os ecossistemas é um dos desafios dos químicos brasileiros do século XXI. São necessários, para isso, marcos legais sem as viseiras e a burocracia que tomaram conta de setores do Governo Federal, que estimulam a importação de produtos da biodiversidade de outros países, impedindo a criação de riqueza nacional, às custas do sacrifício de dezenas de milhares de emprego de brasileiros.<sup>25</sup>

## O desafio energético

No início do século XXI os combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) representavam 75% da matriz energética mundial, e todas as previsões feitas apontavam para um aumento considerável de demanda por energia, especialmente, na primeira metade do século XXI, bem como da necessidade urgente de diminuir a dependência de energia fóssil e ampliar o uso de energia proveniente de fontes renováveis (bioenergia, geotérmica, hidráulica, solar, ventos, oceano e conversão de lixo).<sup>26</sup>

Entretanto, o que se observa, no início da segunda década deste século, a despeito de toda a campanha realizada em prol da energia renovável, é que a dependência por energia fóssil se ampliou, representando atualmente cerca de 81% da matriz energética mundial (petróleo 33%, carvão 27% e gás natural 21%). Os Estados Unidos da América, por exemplo, consomem 25% de todo o petróleo produzido no mundo e 85% da sua matriz energética é de origem fóssil. O gás de xisto ou *shale gas*, cujo uso se intensificou recentemente, é hoje oferecido a preços muito competitivos e poderá contribuir para um agravamento desse quadro.<sup>27</sup>

Para minimizar o uso de energia fóssil e, conseqüentemente, a emissão de gases estufa, a Química tem um papel central, tanto por mérito próprio como pela capacidade de articulação com as demais áreas científicas e tecnológicas, para conduzir uma agenda de ciência, tecnologia e inovação, com foco em energia e ambiente, com destaque, dentre outros, para os seguintes temas:<sup>26-33</sup>

Potencialização da captura e estocagem da energia solar; desenvolvimento de baterias duráveis e facilmente recarregáveis; desenvolvimento de células combustíveis de alto desempenho; melhorias na produção, estocagem e transporte de hidrogênio; manejo e estocagem de lixo radioativo; desenvolvimento de supercondutores para distribuição de energia; desenvolvimento de catalisadores para uso limpo e conversão de carvão; intensificação da produção e uso

de biocarvão, ou biochar; desenvolvimento de novos fertilizantes e condicionadores orgânicos; intensificação do uso de biomassa como fonte renovável; desenvolvimento de tecnologias para sequestro e/ou conversão de dióxido de carbono; desenvolvimento de aditivos que viabilizem misturas etanol-diesel, e promoção da redução de energia de uso doméstico e industrial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho é iniciar e estimular a reflexão, discussão e proposição de ações que permitam à Química no Brasil contribuir para um futuro próspero, mais seguro e melhor para a nação. Nesse sentido, convidamos a comunidade da SBQ a contribuir para a discussão, bem como para um documento final que será publicado em um número especial de *Química Nova*, em outubro de 2013.

## AGRADECIMENTOS

À Diretoria e ao Conselho da Sociedade Brasileira de Química, pela indicação da Comissão para a realização do “*Censo da Química no País*” e aos Editores de *Química Nova* pelo habitual apoio.

## REFERÊNCIAS

- de Andrade, J. B.; Cadore, S.; Vieira, P. C.; Zucco, C.; Pinto, A. C.; *Quim. Nova* **2003**, 26, 445.
- Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Stuart, F.; Lambin, E.; Lenton, T.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.; Nykvist, B.; de Wit, C.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R.; Fabry, V.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P. A.; Foley, J.; *Nature* **2009**, 461, 472.
- Expressão utilizada pelo Secretário de Educação de Santa Catarina em entrevista ao *Diário Catarinense*, 22/08/2012.
- Pinto, A. C.; Galembeck, F.; de Andrade, J. B.; *J Braz. Chem. Soc.* **2012**, 23, 373.
- Pinto, A. C.; *J Braz. Chem. Soc.* **2012**, 23, 1199.
- Oliveira, W. S.; Miranda, N. F.; Moita Neto, J. M.; *Panorama da pesquisa em ensino de Química no Brasil*, disponível em [http://www.ufpi.edu.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/eventos/evento2009/GT.13/07\\_Wilsilene%20dos%20Santos%20Oliveira.pdf](http://www.ufpi.edu.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/eventos/evento2009/GT.13/07_Wilsilene%20dos%20Santos%20Oliveira.pdf), acessada em Outubro 2012.
- Zucco, C. Em *Química Hoje*; Ivanishevich, A.; Cunha Pinto, A., orgs.; Instituto Ciência Hoje: Rio de Janeiro, 2012.
- Galembeck, F.; Santos, A. C. M.; Schumacher, H. C.; Rippel, M. M.; Rosseto, R.; *Quim. Nova* **2007**, 30, 1413.
- [http://www.cefic.org/Documents/FactsAndFigures/FF\\_2011/FF2011\\_Full%20Report\\_Chapter/Cefic\\_FF%20Rapport%202011\\_1\\_ChemIndProfile.pdf](http://www.cefic.org/Documents/FactsAndFigures/FF_2011/FF2011_Full%20Report_Chapter/Cefic_FF%20Rapport%202011_1_ChemIndProfile.pdf), acessada em Outubro 2012.
- Galembeck, F.; *Energy & Environmental Science* **2010**, 3, 393.
- [http://www.abiquim.org.br/pacto/Pacto\\_Nacional\\_Abiquim.pdf](http://www.abiquim.org.br/pacto/Pacto_Nacional_Abiquim.pdf), acessada em Outubro 2012.
- Galembeck, F.; Macedo, G.; Csordas, Y. Em *Materials for a Sustainable Future*; Peter, L.; Letcher, T. M.; Scott, J. L., eds.; Royal Society of Chemistry: London, 2012.
- Klaber, K. Z.; *The Philadelphia Inquirer*, 28/9/2012, disponível em [http://articles.philly.com/2012-09-29/news/34149477\\_1\\_marcellus-shale-natural-gas-natural-gas](http://articles.philly.com/2012-09-29/news/34149477_1_marcellus-shale-natural-gas-natural-gas), acessada em Outubro 2012.
- Galembeck, F.; Csordas, Y.; Villas-Boas, R. C.; Barbosa, C. A. S.; Bragança, F. C.; Schumacher, H. C.; Rippel, M. M.; Souza, R. A. Em *Materiais Avançados no Brasil 2010-2012*; Medeiros, E. F.; Fellows Filho, L., orgs.; CGEE: Brasília, 2010.
- Rippel, M. M.; Galembeck, F.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2009**, 20, 1024.
- Galembeck, F.; *Nanotecnologias, Produtos da Agricultura e Minerais Abundantes*, apresentado em Sessão Temática da 4ª CNCTI em 26/5/2010, disponível em [www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=6885](http://www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=6885), acessada em Outubro 2012.
- Rafols, I.; Hopkins, M. M.; Hoekman, J.; Siepel, J.; O'Hare, A.; Perianes-Rodriguez, A.; Nightingale, P.; *Technol. Forecast. Soc. Change* **2012**, doi:10.1016/j.techfore.2012.06.00719.
- [http://www.inctinofar.ccs.ufrj.br/release\\_sunitinibe.htm](http://www.inctinofar.ccs.ufrj.br/release_sunitinibe.htm)Pinto, acessada em Outubro 2012.
- Pinto, A. C.; Barreiro, E. J. L.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2010**, 21, 2173.
- <http://selectbiosciences.com/MarketReportsID.aspx?reportID=64>), acessada em Outubro 2012.
- [www.fapesp.br/biota](http://www.fapesp.br/biota), acessada em Setembro 2012.
- [www.cnpa.br/web/guest/apresentacao11](http://www.cnpa.br/web/guest/apresentacao11), acessada em Setembro 2012.
- Schreiber, S. L.; *Nature Chem. Biol.* **2005**, 1, 64.
- de Carvalho, A. P.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2011**, 22, 383.
- Barreto, D. W.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2012**, 23, 191.
- Pinto, A. C.; Guarieiro, L. L. N.; Rezende, M. J. C.; Ribeiro, N. M.; Torres, E. A.; Lopes, W. A.; Pereira, P. A. P.; de Andrade, J. B.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2005**, 16, 1313.
- <http://www.iea.org/>, acessada em Outubro 2012.
- Guarieiro, L. L. N.; Torres, E. A.; De Andrade, J. B.; *Ciência Hoje* **2011**, 19, 36.
- Mangrich, A. S.; Maia, C. M. B. F.; Novotny, E. H.; *Ciência Hoje* **2011**, 47, 48.
- de Andrade, J. B.; Lopes, W. A.; *4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação*, Brasília, Brasil, 2010, Sessão Plenária 3, p. 163-167.
- Ribeiro, N. M.; Pinto, A. C.; Quintella, C. M.; da Rocha, G. O.; Teixeira, L. S. G.; Guarieiro, L. L. N.; Rangel, M. C.; Velozo, M. C. C.; Rezende, M. J. C.; da Cruz, R. S.; de Oliveira, A. M.; Torres, E. A.; de Andrade, J. B.; *Energy Fuels* **2007**, 21, 2433.
- Guarieiro, L. L. N.; de Souza, A. F.; Torres, E. A.; de Andrade, J. B.; *Atmos. Environ.* **2009**, 43, 2754.
- National Research Council; *Beyond the Molecular Frontier, Challenges for Chemistry and Chemical Engineering*, The National Academies Press: Washington, DC, 2001, p. 160-170.