

# Conectando ciência, tecnologia e inovação

*Jailson Bittencourt de Andrade<sup>1</sup>*

*Wilson Araújo Lopes<sup>2</sup>*

---

## 1. Considerações iniciais

A ciência básica ou fundamental envolve a geração do conhecimento e fornece as sementes que poderão ser transformadas em tecnologia e inovação. Se no século 20 não havia um bom entendimento de como conectar ciência básica e tecnologia, neste século ainda é muito jovem a percepção de que a inovação pode ocorrer a partir da descoberta científica.

A visão (e abordagem) disciplinar da ciência básica que prevaleceu até a segunda metade do século 20 foi revista com o desaparecimento, no final do século passado, das fronteiras disciplinares no âmbito das ciências naturais e o surgimento de domínios híbridos, mutáveis, convergentes e de elevada complexidade. Esta transformação foi potencializada no início deste século com o reconhecimento da convergência tecnológica que pretende a unificação da ciência e da tecnologia baseada na combinação da nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e ciência cognitiva. Nesse sentido, tanto a convergência científica quanto a tecnológica destacam que o principal foco é o tema em estudo e não a disciplina.

Nesse novo cenário, a inovação emerge como o principal combustível para a longevidade das corporações, destacando os fatores críticos para seu sucesso, quais sejam: i) pessoal (que define o ambiente inovativo); ii) processos (que requerem boas práticas e padronização); e iii) parcerias (que proveem o conhecimento, o entendimento e as habilidades, em tempo real, para a rápida inovação).

---

<sup>1</sup> Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

<sup>2</sup> Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) de Energia e Ambiente.

Na convergência científica, o desafio é a conexão entre educação e conhecimento, enquanto no cenário da convergência tecnológica o desafio é a conexão entre inovação e sustentabilidade (que é um caminhar que permite à humanidade, no presente, encontrar o bem-estar humano e ambiental e satisfazer suas necessidades econômicas e sociais, sem comprometer o progresso e o sucesso das futuras gerações). Em resumo, o grande desafio atual é conectar educação e sustentabilidade e isso se torna possível por meio da conexão entre ciência, tecnologia e inovação.

## 2. O foco deste artigo

Seria uma pretensão sem limites abordar o tema indicado no título deste artigo de forma abrangente às ciências em geral. Nesse sentido, o enfoque a seguir será delimitado à área de química e sobre as suas conexões com energia e ambiente.

A química, de forma ampla, pode ser definida como o ramo da ciência dedicado à observação, transformação e construção, pois o trabalho do químico geralmente inclui a observação e/ou determinação de estrutura ou composição de espécies químicas presentes nos seres vivos, no ambiente ou nos materiais, bem como a transformação e a construção de novas moléculas. Nesse sentido, podemos considerar que, em linhas bem gerais, os principais objetivos da química são: i) Entender a estrutura e a propriedades das substâncias que existem na natureza; ii) Criar/construir moléculas que não existem na natureza; e iii) Transformar substâncias naturais e criadas. Para atingir estes objetivos, a química envolve entender: i) como a estrutura das substâncias está relacionada com as suas propriedades; ii) como as reações químicas ocorrem; iii) se ocorrem reações, quando e para onde os átomos se “movem”; iv) como a energia é utilizada para promover transformações; e v) como substâncias catalisam reações. A química está se transformando rapidamente numa ciência integradora, com foco em sistemas moleculares organizados. Em resumo, pela sua amplitude de objetivos e campos de ação, a química pode ser considerada como a ciência central, pois faz parte de vários outros ramos da ciência e também da vida diária.

Energia e ambiente são os dois maiores desafios atuais da humanidade. Além da sua importância intrínseca, estes desafios estão diretamente relacionados com a produção de alimentos, o uso sustentável dos corpos d'água e a riqueza/pobreza das nações.

O crescimento atual da demanda energética é significativo e não poderá ser suprido apenas pelas atuais fontes, em especial os combustíveis fósseis (óleo, carvão e gás natural), que representam mais de 70% da matriz energética mundial. A queima de petróleo, carvão e gás natural têm resultado em reflexos danosos no clima global do planeta. Assim, muitos dos problemas ambientais dependem diretamente da forma como a energia é produzida e/ou usada. Os grandes centros urbanos são os mais afetados, tanto que, atualmente, estima-se que mais de 1,3 bilhão de

peças viva em locais em que a qualidade do ar é inadequada. A associação entre a saúde e a qualidade do ar (e.g. asma, problemas cardíacos, neonatais, etc.) já está bem reconhecida.

As necessidades de demanda de energia são continuamente crescentes, e a sustentabilidade ambiental requer, cada vez mais, fontes limpas e de baixo custo econômico e ambiental. No cenário energético atual, um novo conceito emergiu: a segurança energética, que significa muito mais do que proteger refinarias e oleodutos contra ataques terroristas. Segurança energética pode ser compreendido como a capacidade de manter a máquina global funcionando, isto é, produzindo combustíveis e eletricidade suficientes, a preços acessíveis, para que todos os países possam, pelo menos, manter sua economia operando e o seu povo alimentado. No caso das economias emergentes, como Brasil, Índia e China, a demanda de energia está aumentando tão rapidamente que pode dobrar até 2020, o que coloca a questão energética e ambiental como uma questão global. Nesse contexto, um dos principais desafios é produzir, estocar e transportar combustíveis derivados de biomassa (e.g. etanol e biodiesel), hidrogênio e metanol, de forma sustentável, bem como incrementar os processos que permitam captar, estocar e/ou transportar energia solar de forma competitiva.

Diretamente associados à questão energética e ambiental estão a produção de alimentos, a segurança alimentar e o acesso à água em quantidade e qualidade para consumo humano e animal. Existem locais sem acesso a água e estima-se que um bilhão de pessoas não têm acesso a água com qualidade adequada para o consumo. O trinômio água-alimentos-energia precisa ser abordado de forma sustentável, pois, por exemplo, a produção de 1 kg de soja, base seca, consome cerca de 600 a 1.000 kg de água. Racionalizar o uso da terra, da água e produzir biocombustíveis, sem competir com a produção de alimentos (biocombustíveis de segunda e terceira geração), é um dos maiores desafios deste século.

Por se tratar de uma temática de grande complexidade, uma abordagem de sucesso envolverá um planejamento em três níveis: i) pontual, com foco de ação em temas específicos, de impacto local; ii) linear, com organização por meio de eixos de ação/pesquisa, agregando atividades de pesquisa, ensino e extensão oriundas de diferentes ações, objetivando a conexão de subáreas e o impacto regional; e iii) areolar, que agrega as ações dos eixos de ação/pesquisa, visando atingir os objetivos convergentes com impacto continental e/ou global.

### 3. O setor químico industrial

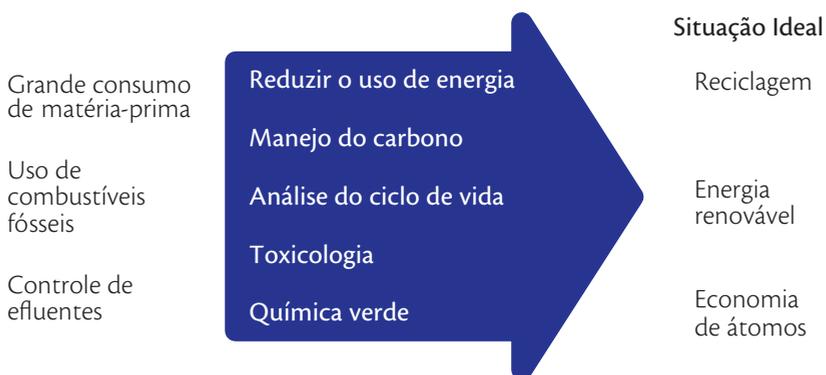
A discussão da conexão entre ciência, tecnologia e inovação não pode ser feita com sucesso sem considerar o setor químico industrial. Os Estados Unidos da América são a principal fonte de produtos químicos no mundo, com um faturamento anual de 689 bilhões de dólares america-

nos. Existem mais de 80 mil produtos químicos registrados nos Estados Unidos e mais de 2.000 são registrados anualmente. O empreendimento químico é o maior negócio no país e é responsável por cerca de 25% do produto interno bruto (PIB). O setor químico é o responsável pela maior parte das exportações, atingindo US\$ 174 bilhões de dólares americanos.

O Brasil tem a segunda indústria química do continente americano, atrás apenas dos Estados Unidos da América, e está entre os dez mais importantes no *ranking* mundial. Em 2008, o faturamento líquido da indústria química brasileira, considerando todos os segmentos que a compõem, alcançou US\$ 122 bilhões (metade deste valor é devido aos produtos químicos de uso industrial), 17,9% acima do valor de 2007, representando cerca de 3% do PIB. As exportações da indústria química brasileira também tiveram crescimento expressivo em 2008, +11,3%, atingindo a cifra de US\$ 11,89 bilhões. Todavia, as importações também cresceram de forma bastante acentuada, +46,6%, alcançando US\$ 35,09 bilhões. Com isso, o país apresentou um déficit de US\$ 23,20 bilhões, em 2008, nesse segmento.

O grande desafio do setor químico industrial é a sustentabilidade que envolve produtos, processos, energia, competitividade econômica e, especialmente, a não agressão do ambiente e da vida. Isso inclui o estabelecimento e/ou a potencialização de conexões estratégicas entre pesquisa básica, desenvolvimento tecnológico, inovação e articulação social.

Neste século, o grande consumo de matéria-prima deve ser substituído, em vários setores, pela reciclagem. O Brasil já é um exemplo na produção de alumínio. O consumo intensivo de energia para a produção deste elemento químico a partir da bauxita, acoplado a limitação energética nacional, resultou num sistema de reciclagem de latas de refrigerante e cerveja altamente eficiente. Pelo menos outras duas mudanças significativas são necessárias: a migração do uso intensivo de combustíveis fósseis para o uso de energia renovável e a transição do controle de efluentes para a economia de átomos. Essas transições representarão importante passo para a economia de matéria-prima, recursos financeiros e para proteção ao ambiente e à vida (Figura 1).



**Figura 1.** Grandes desafios da sustentabilidade do setor industrial químico (adaptado da referência 16).

## 4. A situação brasileira: potencialidades e entraves

No Brasil, como nos Estados Unidos da América, por exemplo, o setor químico é um dos maiores investidores não governamentais em pesquisa e desenvolvimento. A química lidera a inovação em novos produtos, novos materiais e novas metodologias analíticas, sinalizando novas esperanças para o futuro.

Em editorial publicado recentemente no *Journal of the Brazilian Chemical Society*, foi ressaltado que o sistema de pós-graduação brasileiro é um dos pontos altos do ensino superior no país. Não há nada parecido em outros países latino-americanos, e mesmo entre os chamados Bric (Brasil, Rússia, Índia e China), a pós-graduação brasileira sobressai por sua pujança e qualidade. Não é por outra razão que no Brasil são titulados anualmente mais de dez mil doutores e que o país ocupa a 13ª posição no *ranking* das nações com maior produção científica indexada.

Entre as áreas das ciências exatas, a pós-graduação de Química é a que mais cresceu nos últimos 15 anos. Este crescimento pode ser creditado, em grande parte, ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), criado em 1984 e que durou até a segunda metade da década de 1990, e às ações promovidas pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ). O PADCT, por exemplo, inovou ao definir áreas prioritárias e estratégicas para o desenvolvimento do Brasil e pelo leque de editais que atenderam desde o apoio a cursos de graduação ao apoio a bibliotecas e a grupos emergentes. Do lado governamental, graças à Lei de Inovação (Lei nº 10.973, de dezembro de 2004, Decreto nº 5.563, de 11 de outubro de 2005), as universidades podem compartilhar seus laboratórios, equipamentos e instalações existentes em seus *campi* com empresas nacionais e organizações de direito privado sem fins lucrativos voltadas para atividades de pesquisa, desde que obedecidos todos os trâmites universitários. A Lei de Inovação assegura ao servidor participação nos ganhos econômicos resultantes de contratos de transferência de tecnologia e de licenciamento e lhe assegura, inclusive, desde que este não esteja em estágio probatório, licença sem remuneração para constituir, individual ou associadamente, empresa para desenvolver atividade relativa à inovação. De fato, tudo isso já vinha sendo praticado em universidades e institutos de pesquisa do país, mas era sempre sujeito a questionamentos, principalmente ideológicos. A nova legislação deve permitir a multiplicação de situações desejáveis e que se tornaram casos de sucesso nas últimas três décadas.

Atualmente, muitas instituições de ensino superior (IES) têm seus núcleos de inovação tecnológica com a finalidade de gerir sua política de inovação, e prefeituras repassam recursos para incubadoras de empresas em polos de alta tecnologia para o desenvolvimento de suas cidades. A Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) lança regularmente editais de incentivo à inovação e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) criou a bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora (DT). Estas são, sem dúvida,

ações importantes e mostram que o Brasil vem fazendo um grande esforço para fortalecer seu segmento industrial. A posição brasileira em inovação tecnológica é destacada em várias áreas, como os combustíveis de fonte renovável, petróleo, petroquímica, alimentos, metal-mecânica e equipamentos de transportes. Entretanto, ainda há baixos índices globais de inovação e competitividade tecnológica em várias áreas importantes: semicondutores, materiais magnéticos, iluminação e *lasers*. É possível melhorar esses índices de forma pronunciada e rápida, como o tem demonstrado a área de fármacos, ao longo desta década.

A Sociedade Brasileira de Química tem realizado várias ações, visando ao fortalecimento das conexões entre ciência e educação e ciência, tecnologia e inovação. Com relação à ciência e educação, foi criada a Química Nova Interativa (QNIInt). No editorial de lançamento, foi destacado que neste século já ocorre a convergência científica e tecnológica em que o foco é o tema em estudo e não a disciplina. Isso não significa o fim da disciplina; significa, sim, que as disciplinas precisam ser repensadas e reapresentadas com foco em temas atuais e amplos o suficiente para permitir conexões intra e interdisciplinares. A sustentabilidade deve representar a busca permanente pelo bem-estar humano, a satisfação das suas necessidades econômicas e sociais, sem o comprometimento do progresso, do ambiente e do sucesso das futuras gerações. Nesse novo cenário, a segurança ambiental, a segurança energética e a segurança alimentar são temas atuais e amplos o suficiente para permitir a conexão entre ciência e educação, com abordagem intra, inter e multidisciplinares. Nesse sentido, QNIInt é o Portal do Conhecimento da SBQ, cujo objetivo é prover instrumentação confiável para a formação em Química, a ser utilizada por estudantes e professores em todos os níveis de formação, primando pela interatividade e pela atualização das informações. É a conexão entre ciência e educação em química acessivelmente disponibilizada.

Com relação à ciência, tecnologia e inovação, a ação mais recente foi a organização de um número especial do periódico *Química Nova*, editado pelos professores Fernando Galembeck e Vera Pardini, cujo tema é "Recursos Naturais: Oportunidades na Academia e na Indústria". No editorial, são destacados alimentos, energia e matérias-primas: inovação no aproveitamento de recursos naturais. Este número de *Química Nova* contribui para a formulação de planos e políticas de desenvolvimento da química brasileira, publicando artigos sobre o aproveitamento de recursos naturais, transmitindo informações relevantes e discutindo perspectivas de inovação.

Considerando o trinômio energia, ambiente e economia, o panorama mundial está mudando rapidamente. De acordo com Vichi e Mansor, o Brasil se destaca dos demais países por um motivo bem simples: a matriz brasileira já é cerca de 46% renovável, comparada à média mundial de 12%, tendo, portanto, uma oportunidade ímpar de se firmar como um dos líderes mundiais no setor de energia. Impulsionado por seu gigantesco potencial hídrico e contando com um forte programa de combustíveis alternativos capitaneado pelo etanol, o país sai na frente dos demais.

É difícil que o setor público consiga arcar sozinho com estas despesas, e uma interação com o setor privado se torna cada vez mais necessária e fundamental. Até a crise no sistema financeiro, o setor energético contava com forte capacidade de investimento em pesquisa e desenvolvimento, e o setor acadêmico, com boa parte dos cérebros. O casamento não só seria natural, como desejável. Entretanto, algumas questões precisam ser consideradas: como está o setor energético no Brasil? Quais são as fontes renováveis propostas? Quais os efeitos da crise do sistema financeiro sobre o setor energético? Qual é o papel dos químicos neste panorama? As respostas envolvem inúmeras oportunidades e desafios e certamente os químicos ocuparão lugar de destaque na transição obrigatória de um modelo não renovável para um modelo sustentável de produção, seja de energia, seja de insumos, seja de produtos acabados.

Atualmente, a indústria de biocombustíveis é baseada essencialmente na produção de etanol por meio da fermentação de açúcares ou amidos e na produção de biodiesel derivado de óleos vegetais. O uso de materiais de biomassa de lignocelulose (de madeira ou fibroso) – em contraste aos açúcares e amidos – tem, entretanto, maior potencial para maximização da eficiência de conversão de luz solar, água e nutrientes em biocombustíveis.

A intensificação na produção de biomassa é uma exigência dos esforços de mitigação dos efeitos da mudança do clima, uma vez que não existe alternativa viável no curto prazo para a fixação de grandes quantidades de gás carbônico. Por outro lado, essa produção gera alimentos, combustíveis sólidos e líquidos e matérias-primas para a indústria química e de materiais, podendo ser acompanhada da exploração de matérias-primas minerais que, embora não renováveis, sejam abundantes e de baixo consumo energético. O aproveitamento desses tipos de matérias-primas pela indústria deverá beneficiar-se de desenvolvimentos importantes nas nanotecnologias, biotecnologias, tecnologias da informação e de microrreatores, gerando produtos novos que preencham funções desejáveis e necessárias, fabricados por processos brandos e que impulsionem o desenvolvimento econômico e social, em padrões duráveis e, sempre que possível, sustentáveis. O aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais é um dos pontos de destaque na inovação química.

Recentemente, o biodiesel surgiu como uma alternativa viável em termos de combustível renovável. A principal rota de obtenção do biodiesel é a partir da transesterificação de óleos vegetais com álcoois (metanol e etanol), usando catálise básica. Do ponto de vista químico, o óleo vegetal usado na produção de biodiesel é um triglicerídeo, ou seja, um triéster derivado da glicerina. Sob ação de um catalisador básico e na presença de metanol ou etanol, o óleo sofre uma transesterificação, formando três moléculas de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos, que constituem o biodiesel em sua essência, e liberando uma molécula de glicerol ou glicerina.

O grande volume de glicerina oriunda da produção de biodiesel, tanto no Brasil quanto no mundo, será uma fonte abundante e barata de uma matéria-prima renovável nos próximos

anos, estimula a “gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel”. A gliceroquímica oferece aos químicos e engenheiros químicos inúmeras oportunidades, quer no desenvolvimento de novos produtos, processos e aplicações, quer na síntese de novos catalisadores, mais ativos e seletivos. Cabe ao setor químico utilizar criatividade e conhecimento para desenvolver aplicações economicamente viáveis e que possam beneficiar toda a sociedade.

O diagnóstico da situação brasileira com relação ao setor químico e ciência, tecnologia e inovação, com foco especial em energia e ambiente é auspicioso e pode ser resumido na frase seguinte, elaborada pelo professor Fernando Galembeck, da Unicamp:

A situação brasileira na área da química tem muitos aspectos positivos e também alguns aspectos que exigem planejamento e ação. Os principais aspectos positivos são: 1) uma derivada positiva nos indicadores quantitativos e qualitativos de recursos humanos, infraestrutura, produção científica, produção tecnológica e produção industrial, que se sustenta há mais de vinte anos; 2) uma saudável interação entre academia e empresas; 3) uma presença significativa nos melhores periódicos e congressos internacionais; 4) um bom nível de intercâmbio e colaboração nacional e internacional; 5) uma grande força de trabalho dedicada ao aproveitamento inovador dos recursos naturais brasileiros; 6) um equilíbrio razoável entre teóricos e experimentais.

No momento atual, existe um volume expressivo de recursos para o financiamento da pesquisa, desenvolvimento e inovação, oriundos dos setores governamental e empresarial, que tem como base de criação e execução os professores universitários e os seus estudantes. Um marco importante foi a criação e ampliação dos fundos setoriais e, mais recentemente, do Programa de Institutos Nacionais (que será abordado em outra seção), que contribuíram e contribuem para a alavanca-gem dos indicadores de produtividade em C&T do país. Entretanto, persistem alguns entraves ao bom desenvolvimento das atividades científicas, de invenção e de inovação no âmbito das instituições de ensino superior públicas, especialmente as Instituições Federais de Ensino Superior (IFES). O sistema departamental que persiste como forma de organização na maioria das IFES é uma barreira para a atuação interdisciplinar bem como para o exercício da plena liberdade acadêmica.

Modificar a visão disciplinar convencional na formação científica e profissional e nas atividades de ciência, tecnologia e inovação envolve uma reformulação conceitual e institucional, pois a configuração departamental atual reflete a divisão disciplinar. Logo, é preciso avançar para um sistema acadêmico com foco além dos departamentos, que inclua estruturas de excelência do tipo institutos, núcleos, centros, onde o ambiente multi e interdisciplinar seja acolhido. Estas estruturas de excelência deverão ter: i) autonomia institucional; ii) sustentabilidade financeira; iii)

inteligência e liderança; iv) parcerias com os setores público e privado; v) parcerias nacionais e internacionais; vi) agenda de pesquisa interdisciplinar; vii) pesquisa básica e aplicada.

A reconfiguração conceitual e organizacional, acopladas a uma governança proativa, moderna e meritória, são de fundamental importância para a conexão entre ciência, tecnologia e inovação.

## 5. Casos de sucesso

O principal caso de sucesso é o acesso à informação. Há cerca de 20 anos, um dos maiores entraves do sistema educacional e de ciência e tecnologia do país era o acesso à informação. Poucas bibliotecas tinham um acervo atualizado de livros e periódicos. As assinaturas individuais eram caras e, muitas vezes, o preço do correio aéreo (mais rápido que o naval) era mais caro do que a assinatura.

A área de química foi pioneira na abordagem sistêmica da questão da informação. Já na sua criação, em 1977, a Sociedade Brasileira de Química decidiu editar um periódico, *Química Nova*, que existe há três décadas, ininterruptamente, e com crescentes qualidade e sucesso. Na segunda metade da década de 1980, o grupo técnico (GT) de Química do Plano de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), por meio de sucessivos editais, dotou a área de química de um acervo bibliográfico considerável. Naquela época, a biblioteca do Instituto de Química da USP foi escolhida para ser a biblioteca nacional de referência da área de química e foi criado o conceito de biblioteca regional, com apoio diferenciado, sendo inclusive alocados recursos para a aquisição de máquinas copiadoras, telefone e fax para facilitar a comutação de artigos. Também foram atualizados os acervos e havia recursos disponíveis para a edição de livros e, em especial, a criação de um novo periódico. Assim nasceu o *Journal of the Brazilian Chemical Society*.

O grande avanço no acesso à informação, em escala nacional e abrangente com relação às áreas do conhecimento, foi a criação, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (Capes), do Portal de Periódicos da Capes, onde professores, pesquisadores, alunos e funcionários de 268 instituições de ensino superior e de pesquisa em todo o país têm acesso imediato à produção científica mundial atualizada. O portal oferece acesso aos textos completos de artigos selecionados de mais de 15.000 periódicos internacionais, nacionais e estrangeiros e 126 bases de dados com resumos de documentos em todas as áreas do conhecimento. Inclui também uma seleção de importantes fontes de informação acadêmica com acesso gratuito na Internet.

Em adição aos esforços da SBQ e da Capes, vale destacar a criação do Portal Scielo que, após a avaliação de qualidade, indexa as melhores revistas brasileiras e disponibiliza gratuitamente os ar-

tigos com textos completos em acesso livre. No caso dos periódicos da área de química, o acesso pode ser feito livremente tanto pelo portal da SBQ quanto pelo do Scielo.

A visibilidade do que se publica em química no Brasil pode ser avaliada por meio de *Química Nova* e do *Journal of the Brazilian Chemical Society* (JBCS). Ambas recebem mais de 800 artigos por ano para publicação e exibem expressivos fatores de impacto, respectivamente, 0,89 e 1,43, que são os maiores quando comparados com outros periódicos da área editados na América Latina e Caribe. O JBCS, por exemplo, recebeu 836 artigos para publicação em 2009, sendo que 54% destes vieram de outros países.

Outro exemplo de sucesso da criação do programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT), que tem metas ambiciosas e abrangentes em termos nacionais, como possibilidade de mobilizar e agregar, de forma articulada, os melhores grupos de pesquisa em áreas de fronteira da ciência e em áreas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do país; impulsionar a pesquisa científica básica e fundamental competitiva internacionalmente; estimular o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica de ponta associada a aplicações para promover a inovação e o espírito empreendedor, em estreita articulação com empresas inovadoras, nas áreas do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec).

A apresentação dos INCTs, na página do CNPq, destaca que, além de promover o avanço da competência nacional nas devidas áreas de atuação, criando ambientes atraentes e estimulantes para alunos talentosos de diversos níveis, do ensino médio ao pós-graduado, o programa também se responsabilizará diretamente pela formação de jovens pesquisadores e apoiará a instalação e o funcionamento de laboratórios em instituições de ensino e pesquisa e empresas, proporcionando a melhor distribuição nacional da pesquisa científico-tecnológica e a qualificação do país em áreas prioritárias para o seu desenvolvimento regional e nacional. Os institutos nacionais devem ainda estabelecer programas que contribuam para a melhoria do ensino de ciências e a difusão da ciência para o cidadão comum. O programa conta com a parceria da Capes e das fundações de amparo à pesquisa do Amazonas (Fapeam), do Pará (Fapespa), de São Paulo (Fapesp), de Minas Gerais (Fapemig), do Rio de Janeiro (Faperj) e de Santa Catarina (Fapesc), do Ministério da Saúde e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Trata-se da maior ação concertada de investimentos em ciência, tecnologia e inovação envolvendo uma grande rede, descentralizada, com sedes em todas as regiões do país.

Dos 123 institutos atuais, nove estão localizados na Região Norte, dezoito na Nordeste, quatro na Centro-Oeste, 77 na Sudeste e 15 na Região Sul. Destes, pelo menos duas dezenas têm relação direta com a área de química e engenharia química. As informações destes INCTs estão bem documentadas nas respectivas páginas eletrônicas e seria desnecessário (e temerário) tentar descrevê-los num texto limitado como este. Entretanto, com o objetivo de exemplificar a área, se-

rão destacados alguns aspectos de um conjunto de institutos que realizou um *workshop* em Itaparica, BA, em novembro de 2009: INCT de materiais complexos e funcionais (coordenador professor Fernando Galembeck, Unicamp), INCT de fármacos e medicamentos (coordenador professor Eliezer de Jesus Barreiro, UFRJ), INCT de transferência de materiais continente-oceano (coordenador professor Luiz Drude de Lacerda, UFC), INCT de ciência e tecnologia de controle biorracional de insetos pragas (coordenadora professora Maria Fátima das Graças Fernandes da Silva, Ufscar) e o INCT de energia e ambiente (coordenador professor Jailson Bittencourt de Andrade, UFBA). O *workshop* discutiu intensamente cooperação, intercâmbio de estudantes e pesquisadores e a governança do sistema. Ao final, o evento foi considerado de grande relevância pelos participantes e que deveria ser repetido periodicamente, sob a forma de um fórum, com a participação de novos INCT, estimulando a cooperação, a convergência e a interdisciplinaridade. Foi decidido então criar o I5+, que representaria o ponto de partida, sendo que a próxima reunião ficou marcada para acontecer no Rio de Janeiro, em 2010, sob coordenação do INCT de fármacos e medicamentos (Inofar).

Estes institutos, como pode ser observado nas respectivas páginas, atuam de forma convergente e proativa em pesquisa científica, tecnológica, de inovação, de educação e na divulgação da ciência. A interação com o setor industrial é intensa e a lista de empresas envolvidas é longa: Petrobras S/A, Politeo, Braskem S/A, Bahiagás, Oxiteno S/A, Celulose Irani S/A, Núcleo de Tecnologia do Estado do Ceará (Nutec), Natura Ltda., Laboratório Evidence, Montana Química S/A, Johnson & Johnson, Embrapa Agroindústria Tropical, Inmetro, Souza-Cruz S.A./British American Tobacco, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Rio de Janeiro, Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda., Contech Produtos Biodegradáveis Ltda., Bunge Biphor LLC, Bunge Participações, Quattor Petroquímica S/A, Pirelli Pneus Ltda., Globe Química Ltda., Citrosuco S/A, Araújo Engenharia e Integr. em Equipamentos Ind. SS, Indaiá Brasil Águas Minerais, Agripec Química e Farmacêutica, Indústria e Comércio de Eletrodomésticos Ltda. (Cesde), Indústria de Couros Ltda. (Bracol), Bermas Indústria e Comércio Ltda., Petropar Embalagens S/A, Esmaltec S/A, Camy Plast Br – Indústria e Comércio de Plásticos Ltda., Carnaúba do Brasil, Blausigel – Indústria e Comércio Ltda., GEA Niro Soavi Brazil, Orbys Desenvolvimento de Tecnologia de Materiais Ltda., IQT S/A, Crisália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda. São eles:

- INCT E&A (<http://www.inct.cienam.ufba.br>);
- INCT Inomat (<http://www.inomat.iqm.unicamp.br>);
- INCT Inofar (<http://www.inct-inofar.ccs.ufrj.br>);
- INCT CBIP (<http://www.cbip.ufscar.br>); e
- INCT TMCOcean (<http://www.inct-tmcocean.com.br>)

Com o objetivo de apresentar um bom estudo de caso de sucesso, utilizaremos o exemplo do INCT em materiais complexos funcionais (Inomat), que tem um número expressivo de casos de interação de sucesso com o setor empresarial. Quatro empresas licenciaram patentes de pesquisadores do Inomat:

- Bunge: Pigmentos de fosfatos de alumínio. (Devido à interação comercial entre empresas, o Biphor migrou para os Estados Unidos. Existe em White Plains NY, USA, uma empresa chamada Bunge Biphor LLC).
- IQT S/A: Látex catiônicos, fabricados (e vendidos) usando uma rota inovadora, isentos de compostos de amônio quaternário.
- Orbys: nanocompósitos de látexes. O produto Imbrik está sendo usado na indústria de rolos para a fabricação de papel, produzindo vantagens no desempenho do rolo e, principalmente, na qualidade do acabamento do papel.
- Contech: Lançou produtos e sistemas para descontaminação de águas, baseados na adsorção em hidrotalcitas.

O coordenador do Inomat, em vários textos e conferências, tem destacado que: "As consultorias são extremamente importantes, como mecanismo ágil de transferência de conhecimento e de tecnologia". Talvez este seja um dos motivos que levou o dirigente de uma importante petroquímica brasileira a afirmar em público que "todos os produtos recentes da nossa empresa têm o dedo do professor Galembeck".

Outro caso de sucesso que sempre merece ser citado é o do etanol. O Brasil é hoje o único, no mundo, que produz combustível líquido a partir de fontes renováveis a preços competitivos com os dos derivados de petróleo e sem qualquer subsídio. Atualmente, o Brasil está produzindo mais de quinze bilhões de litros de etanol, a partir de cana-de-açúcar, por ano – 5.200 litros de etanol por hectare a preço menor do que US\$ 0,60 por galão (3,6 litros). Uma tonelada de cana produz cerca de 70 litros de etanol e 250 kg de bagaço, cuja hidrólise, quando otimizada, poderá dobrar a produção de etanol sem ampliação da área plantada.

Para efeito de comparação, em 2006, os Estados Unidos da América produziram cerca de 4,8 bilhões de litros de etanol a partir do milho. Enquanto o etanol obtido a partir da cana-de-açúcar produz 8 Joules para 1 Joule consumido no processo, o obtido do milho produz apenas 1,3 a 1,8 Joules. Uma das metas dos Estados Unidos da América é, em 2012, produzir etanol a partir da celulose a custo competitivo.

Do ponto de vista ambiental, vale ressaltar que a produção de etanol, como a de todos os biocombustíveis, é uma estratégia para consumo de CO<sub>2</sub> atmosférico. A agricultura é um dos mais

óbvios capturadores de CO<sub>2</sub>, contribuindo decisivamente para a redução do teor de gases estufa. O etanol tem sido utilizado em misturas com a gasolina de modo que a demanda nacional de gasolina deixou de ser o termômetro das importações de petróleo.

O sucesso econômico do etanol resulta de um grande e contínuo aporte de ciência e tecnologia, que não mostra indicadores expressivos de patentes ou de *papers*, mas resultou em duas grandes inovações: o etanol de cana brasileiro e o carro *flex*. O papel do governo, no etanol, teve dois componentes importantes: criar um estímulo econômico (o Proálcool) e destacar a atuação de órgãos de pesquisa (Instituto do Açúcar e do Alcool e Planalsucar, Instituto Agrônomo de Campinas). O principal agente de desenvolvimento do álcool foi o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC, da então Copersucar, privada). É muito importante para o setor químico, como fonte de matérias-primas para as indústrias químicas e de materiais (GALEMBECK, 2010).

## 6. Principais desafios

O principal desafio no nível nacional é ter uma agenda de Estado para a educação, ciência, tecnologia e inovação, com programas significativos de desenvolvimento da ciência básica brasileira focados no mérito, na competência e na criatividade. O programa dos institutos nacionais é um bom exemplo e um excelente começo, mas não é suficiente. Outro marco significativo é a 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, que constitui uma boa oportunidade para que governo, comunidade científica, empresários e autoridades universitárias façam um balanço do quadro atual da inovação no Brasil e discutam uma política de Estado para os próximos 30 anos, que leve em conta principalmente o desenvolvimento de tecnologias limpas que preservem o meio ambiente.

Como sempre ocorre, quanto maiores as oportunidades, maiores são os desafios. A pauta da Conferência Nacional de CT&I deve abrir espaços generosos para as áreas nas quais já existe a corrente virtuosa cujos elos são a educação, a descoberta científica, o desenvolvimento tecnológico e a atividade empresarial, como a química brasileira e outras áreas. É preciso encerrar a já longa fase das avaliações e iniciativas baseadas em numerologias vazias. Não faz sentido discutir tecnologia e inovação sem dialogar intensamente com os diferentes setores de CT&I e, em especial, com os químicos e o setor químico brasileiro. Afinal, é o futuro que está em debate.

O *JBCS* e a *Química Nova* são repositórios de um enorme número de possibilidades de desenvolvimento científico e tecnológico baseados em recursos naturais muito abundantes ou renováveis. O Brasil tem uma privilegiada posição no atual cenário global, quanto às possibilidades de transição para um regime econômico sustentável. O papel da química nesse cenário é central. O

aproveitamento destas oportunidades depende principalmente de governos estaduais e regionais, ONGs e empresas.

Uma agenda que pretenda conectar ciência, tecnologia e inovação, com foco em energia, ambiente e futuro, deve ter em destaque, entre outros, os seguintes temas:

- Captura da energia solar;
- Baterias recarregáveis;
- Células combustíveis;
- Hidrogênio: produção, estocagem e transporte;
- Lixo radioativo;
- Supercondutores para distribuição de energia;
- Carvão: catalisadores para uso limpo e conversão;
- Biocarvão ou biochar;
- Novos fertilizantes e condicionadores orgânicos;
- Uso de biomassa como fonte renovável;
- Sequestro de dióxido de carbono; e
- Redução de energia de uso doméstico e industrial.

## 7. Recomendações

São muitos os desafios e muitas as conexões que precisam ser estabelecidas, com destaque para: uso de recursos naturais e sustentabilidade; ciência e educação; inovação e ciência e tecnologia, além do grande desafio atual do setor público brasileiro, que é a governança do sistema em todos os níveis e em especial nas instituições de ensino superior. É preciso construir uma nova atitude nos pesquisadores básicos brasileiros, caracterizada pela atenção às possibilidades de aplicação e exploração dos resultados das suas pesquisas, bem como ter programas de desenvolvimento científico e tecnológico efetivos, com mecanismos também efetivos de acompanhamento e de atenção à propriedade intelectual.

A criação do programa dos institutos nacionais coloca o país em um novo patamar de ações relacionadas a ciência, tecnologia e inovação, compatível com a abordagem sustentável e interdisciplinar. Entretanto, a governança dos INCTs e a sua inserção institucional precisam ser estabele-

cidas, em sincronia com as Ifes, pois em muitas situações o INCT é maior do que o departamento ou instituto que o hospeda. Nesse sentido, a interação MCT/CNPq com o MEC será de vital importância para os INCTs, visando ao estabelecimento de um apoio institucional sustentável.

A avaliação de pesquisadores, projetos e cursos de pós-graduação tem sido objeto de discussão intensa. O sistema de avaliação por pares, *peer review*, deve ser pautado no mérito acadêmico-científico-tecnológico do pesquisador ou do curso e utilizar critérios qualitativos, admitindo-se, no entanto, que subsidiariamente se utilizem critérios quantitativos. Os critérios precisam ser amplamente conhecidos (e legitimados), cujas mudanças requerem amplo debate e construção de consensos. Na avaliação por pares, necessariamente, os critérios da avaliação pertencem à comunidade avaliada e não aos avaliadores, caso contrário, a avaliação não seria realizada por pares.

O que se observa atualmente é uma crescente onda de insatisfação dos avaliados (pesquisadores e cursos) com os critérios e parâmetros da avaliação que, muitas vezes, ou não estão bem qualificados ou utilizam parâmetros puramente quantitativos que negam o princípio da avaliação por pares. Isso sinaliza um futuro incerto, sem comitês de avaliação, em que uma planilha e um programa de computador poderão gerar um *ranking*, como, por exemplo, no caso dos jogadores de tênis.

Uma das questões principais envolvidas na avaliação é a caracterização do mérito e do impacto. A avaliação do mérito, necessariamente, é qualitativa, e a avaliação do impacto envolve critérios quantitativos. Como considerar o mérito e o impacto? Certamente, isso só poderá ser feito por pares que consigam perceber e reconhecer o mérito acadêmico-científico-tecnológico, bem como identificar parâmetros que permitam medir o impacto. Nesse sentido, é preciso estar bem definido o que se espera ao avaliar o cientista e o seu projeto ou linha de pesquisa. Competência aliada a boas ideias.

A competência do cientista pode ser verificada por meio das suas publicações e/ou patentes mais relevantes; da formação de recursos humanos qualificados nos níveis de iniciação científica, mestrado, doutorado e/ou pós-doutorado; pela liderança científica expressa por meio da atuação no âmbito institucional, nas sociedades científicas, em editorias de periódicos, nos convites para cursos e conferências, etc., e na atuação na formulação de políticas para o setor. A competência do cientista pode ser facilmente qualificada, quantificada e verificada.

Espera-se de um projeto que tenha mérito intelectual; que aponte para avanços na fronteira do conhecimento; que possa ter amplo impacto; que envolva pesquisa integrada com educação e que seja apresentado por um cientista com experiência no tema. A qualidade de um projeto pode ser qualificada *a priori*. Mas só poderá ser quantificada e verificada *a posteriori*. Em resumo, os critérios de avaliação precisam ser continuamente revisitados, explicitados e legitimados, para evitar que o “mais do mesmo” não prevaleça sobre a criatividade e o risco.

Outro aspecto relevante é que, em muitos dos concursos para docente das universidades, as vagas não são preenchidas porque a maioria e, em alguns casos, todos os candidatos são reprovados. Está-se diante de duas opções: ou os concursos estão sendo mal feitos, ou os candidatos estão mal preparados. Uma experiência que poderia ter um impacto significativo nas instituições de ensino superior seria o Ministério de Educação realizar nacionalmente ou por regiões os concursos docentes para as universidades federais. Se por um lado os primeiros colocados teriam o direito de escolher em qual universidade gostariam de ser professores, por outro, as instituições deveriam ter um planejamento estratégico bem elaborado, para receber e apoiar estes docentes que desenvolveriam suas pesquisas em temas de interesse da instituição.

Ao adotar este procedimento, o MEC estaria privilegiando a qualidade e ao mesmo tempo avaliando, por meio de seu produto final, o egresso da pós-graduação. Um sistema de avaliação não pode cristalizar e cair em mesmices. A universidade como “a casa do conhecimento” deve deixar de lado seu conservadorismo e experimentar novas ações. Fica o desafio: por que não começar estes concursos nacionais para os institutos de química, já que falar em departamentos é viver no passado e manter de pé um sistema obsoleto? É preciso ter coragem e determinação para mudar, para continuar avançando rumo ao futuro.

Vale a pena ressaltar que a qualificação é chave para o desenvolvimento científico e tecnológico. O Brasil tem uma série de desafios a enfrentar para promover a inovação e garantir o desenvolvimento tecnológico das empresas. Um deles é investir pesado na qualidade da educação e no aumento do nível de escolaridade dos trabalhadores. “Para qualquer tipo de inovação, o capital humano e a qualificação do trabalhador representam claramente um insumo essencial para estimular a novidade, a produtividade e a competitividade”.

Há inúmeros indicadores que confirmam a necessidade de o Brasil elevar os investimentos em educação. A média de escolaridade da população brasileira com 15 anos ou mais é de 4,3 anos, inferior aos 8,8 anos da Argentina e aos 7,2 anos do México. Cerca de metade dos jovens brasileiros tem dificuldades de leitura ou não sabe ler. Mais de três quartos enfrentam dificuldades em resolver as operações básicas de Matemática, conforme o Pisa, programa internacional que avalia os estudantes de 15 anos. Na Coreia do Sul, apenas 6% dos jovens têm dificuldades ou não sabem ler. E as notas dos brasileiros em Matemática são inferiores às dos estudantes do México e da Indonésia.

E qual é o futuro da química? Muito tem sido escrito sobre o olhar para o futuro. Existe uma grande convergência na percepção de que pesquisa é cada vez mais interdisciplinar, e que dentre os principais temas atuais existe um destaque especial para energia e química sustentável. Independentemente do tema em foco, o futuro exige sinergia entre a experiência e a teoria. A construção e a transformação de moléculas estão diretamente relacionadas com as forças intermoleculares, logo requerem sinergia entre estrutura e ligações químicas.

Os modernos e avançados recursos instrumentais hoje disponíveis, aliados ao mais amplo progresso na geração e difusão do conhecimento, oferecem as condições propícias e necessárias para a química florescer e frutificar. A sinergia entre os dois principais campos da química – análise e síntese – é o caminho para a conexão com a Biologia e outras áreas do conhecimento.

É preciso, pois, educar para inovar e inovar para educar. O país está pronto para a agenda do século 21, que exige foco e investimentos em inovação, sustentabilidade e interdisciplinaridade. O que somente se tornará viável com o fortalecimento das conexões da ciência com educação e da ciência com tecnologia e inovação.